www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

3e JAARGANG NUMMER 11 NOVEMBER 1938

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

HELDERHEID VAN WEGDEKKEN BIJ KUNSTVERLICHTING

door J. BERGMANS.

535.241.44 : 628.971.6

In dit artikel [1]) wordt aangetoond, dat zoowel in droge als in vochtige toestand de helderheidsverdeeling van de weg heelemaal niet in een constante verhouding staat tot de verdeeling der verlichtingssterkte. De oorzaak hiervan is, dat de wegdekdeelen op grootere afstand van de waarnemer onder zeer kleine hoeken met het wegoppervlak worden bekeken. — Een gesloten waterlaag op het wegdek maakt het onmogelijk om een goede wegverlichting te ontwerpen. — Voor de droge en de vochtige toestand van wegdekken worden middelen aangegeven om de reflectie-eigenschappen vast te leggen (helderheidscoëfficienten). — Voor één wegdek wordt een geheel uitgewerkt diagram van helderheidscoëfficienten gegeven. Eenige conclusies omtrent de eischen, die aan de lichtverdeeling van de lichtbronnen gesteld moeten worden, worden gediscussieerd op grond van de verdeeling van de helderheidscoëfficienten.

In een vroeger artikel [2]) in dit tijdschrift is er reeds op gewezen, dat de verdeeling van de helderheid over een wegoppervlak, zooals deze gezien wordt door een op de weg geplaatste waarnemer, sterk afhangt van de aard van het wegdek en van de vochtigheidstoestand, waarin het zich bevindt.

De uiteenloopende eigenschappen van de wegdekken treden deste sterker naar voren, naarmate we deze onder een kleinere hoek met het wegoppervlak bekijken. Dit beteekent dus, dat men vooral dan groote verschillen tusschen de onderscheiden wegdektypen (en de verschillende vochtigheidstoestanden) te verwachten heeft, indien men deelen van de weg bekijkt, die betrekkelijk ver van de waarnemer verwijderd zijn. Deze deelen zijn nu van buitengewoon groot belang voor het waarnemen op de weg. Door verschillende onderzoekers [3]) is immers aangetoond, dat men bij een vaste verlichtingsinstallatie de voorwerpen en personen, die zich op de weg bevinden, meestal slechts kan waarnemen als donker silhouet tegen de heldere achtergrond van het ver verwijderde verlichte wegdek.

Voor het snelverkeer is het noodig, dat eventueele obstakels reeds op afstanden van 75 à 100 m worden waargenomen. Het gedeelte van de weg, dat in dit geval als achtergrond dienst kan doen, bevindt zich dus op 100 à 150 m voor de waarnemer. Bij een oogshoogte van 1,50 m en een vlakke weg wordt dat weggedeelte dus waargenomen onder een hoek van 0,5° à 1° met het wegoppervlak (onder een hoek, die we Ψ willen noemen, van resp. 89,5° tot 89° met de normaal op het wegdek).

De verlichtingsinstallatie moet een zoodanig licht geven, dat bij kijkrichtingen, waarvoor $\Psi = 89$ tot 89,5° is, de weg een niet al te ongelijkmatig verdeelde helderheid heeft. Aan deze eischen moet voldaan zijn, zoowel bij droog als bij vochtig weer; hierin schuilt de grootste moeilijkheid, want de reflectie-eigenschappen van het wegdek zijn, juist bij bovengenoemde waarnemingshoeken zeer sterk veranderlijk met de vochtigheid.

Om aan te toonen, dat we bij deze kijkrichtingen zéér merkwaardige effecten kunnen verwachten, willen we eerst een vochtigheidstoestand van het wegdek behandelen, die gelukkig bij een groot aantal wegdekken niet kan voorkomen en bij andere wegdekken slechts korte tijd optreedt. Daarna zullen wij nadere conclusies trekken omtrent de helderheidsverdeeling op een weg.

---

[1]) De meeste gegevens uit dit artikel zijn ontleend aan „Lichtreflectie door wegdekken" door J. Bergmans, diss. Delft, Juni 1938, uitgegeven door de firma Waltman te Delft. Deze dissertatie is in de Hollandsche taal geschreven, terwijl aan het eind van ieder hoofdstuk een korte inhoud in het Engelsch is gegeven.

[2]) G. B. van de Werfhorst, Philips' techn. T. **2**, 239, 1937.

[3]) Het eerst werd dit naar voren gebracht door Millar, I.E.S. Trans. **5**, 653, 1910.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Het wegdek is bedekt met een gesloten waterlaag

Het is overbekend, dat een gesloten waterlaag op het wegdek een spiegeloppervlak vormt. Wanneer men naar plassen op het wegdek kijkt, die slechts een paar meter van de waarnemer verwijderd zijn, ziet men afbeeldingen daarin, die lang niet dezelfde helderheid bezitten als de voorwerpen, waarvan de spiegelbeelden gevormd worden. Hoe grooter echter de afstand, waarop zich de plas bevindt, deste helderder worden de beelden.

Deze practische ervaring is geheel in overeenstemming met wat de theorie omtrent de reflectie aan niet-geleidende oppervlakken (glas, water, steen enz.) ons leert. Deze reflectie wordt namelijk beheerscht door de formules van Fresnel. Deze formules kunnen op eenvoudige wijze in beeld gebracht worden, zooals we dit voor water gedaan hebben in *fig. 1*.

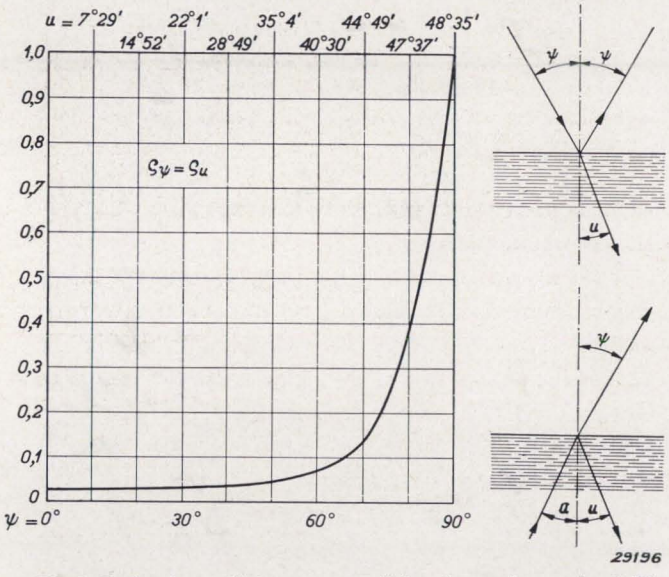


Fig. 1. Reflectie-coëfficient ϱ_Ψ voor licht, dat onder een hoek Ψ op een wateroppervlak valt, als functie van Ψ. Dezelfde kromme geeft de reflectiecoëfficient van een straal, die het wateroppervlak van beneden onder een hoek u treft; als functie van u mits de hoeken Ψ en u met elkaar correspondeeren (zie het schetsje naast het diagram). Dit is tot uitdrukking gebracht door de hoek u bovenaan in het diagram als abscis uit te zetten.

Voor $\Psi \rightarrow 90°$ wordt de reflectiecoëfficient 1. Indien het wateroppervlak van beneden onder een dusdanige richting u wordt getroffen, dat de uittredende straal het wateroppervlak nagenoeg horizontaal verlaat, dan wordt hij dus eveneens nagenoeg volledig gereflecteerd en kan niet uittreden.

Uit de formules van Fresnel blijkt verder, dat voor twee met elkaar correspondeerende hoeken Ψ en u (zie het schetsje van de stralengang bij fig. 1) de coëfficient van gerichte reflectie dezelfde is. Met andere woorden: er wordt een even groot percentage gereflecteerd, wanneer het licht vanuit de lucht op het wateroppervlak wordt geworpen, als wanneer het vanuit de watermassa tegen de binnenzijde van het wateroppervlak wordt gestraald, mits de hoeken Ψ en u met elkaar correspondeerende hoeken zijn.

We hebben dit in de grafiek op eenvoudige wijze kunnen aangeven door bovenaan als abscissen uit te zetten de met Ψ correspondeerende hoeken u. De grafiek geeft dus zoowel ϱ_Ψ als ϱ_u aan.

Wat is nu de helderheid van een geïnundeerd stuk wegdek, gezien vanaf 75 à 150 m afstand?

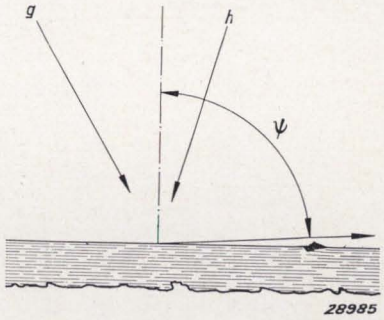


Fig. 2. In de waarnemingsrichting $\Psi = 89°$ is, wordt alleen licht waargenomen, dat aan het wateroppervlak gespiegeld is en dus de voorwaarden van spiegelende reflectie volgt. Licht, dat het water binnengedrongen is, kan in een richting van nagenoeg 90° practisch niet uittreden (zie onderschrift fig. 1).

Hiervoor bekijken we *fig. 2*: Vanuit alle mogelijke richtingen (h, g) kan licht op het wateroppervlak vallen. Afhankelijk van de hoek, waaronder het wateroppervlak wordt getroffen, zal volgens de formules van Fresnel meer of minder licht aan het oppervlak gereflecteerd worden. Een groot percentage van dit toegestraalde licht zal in de waterlaag binnendringen, op de weg terecht komen, daar gereflecteerd worden en door het wateroppervlak weer naar buiten treden. Doordat het reflectievermogen van de deelen, waaruit het wegdek is opgebouwd, sterk achteruit gaat, wanneer deze aan alle zijden door water ingesloten zijn, zal in de waterlaag slechts weinig licht door deze deelen worden gereflecteerd.

Deze achteruitgang van de reflectie van de door water ingesloten wegdekdeelen speelt echter een veel minder belangrijke rol dan de nieuwe reflectie van het teruggekaatste licht aan de binnenzijde van het wateroppervlak. De helderheid van het oppervlak bij het waarnemen op groote afstand wordt immers bepaald door de hoeveelheid licht, die naar het oog van de waarnemer wordt gericht en dus onder een hoek $\Psi = 89$ à $89{,}5°$ uit het wateroppervlak treedt (zie fig. 2). Het blijkt nu uit fig. 1, dat van de zoodanig gerichte straling 90 à 95% aan de binnenzijde van het wateroppervlak teruggekaatst wordt.

Men ziet dus, dat van de reeds geringere terugkaatsing van het wegdek ongeveer niets het oog van de waarnemer op groote afstand bereiken kan. Men kan dus een geïnundeerd wegdek vanuit alle mogelijke richtingen zoo sterk verlichten als men

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

maar wil; wanneer men een kijkrichting heeft, die een hoek $\Psi = 89°$ à $89{,}5°$ maakt met de normaal, zal het wegdek altijd volkomen donker blijven. Het eenige middel om het oppervlak helder te doen schijnen is er licht op te werpen vanuit de spiegelrichting met de kijkrichting.

In verband hiermee willen we nog even een heel aardige proef vermelden, die met eenvoudige hulpmiddelen uit te voeren is.

Een tegel *f* (zie *fig. 3*) van lichte tint, voorzien

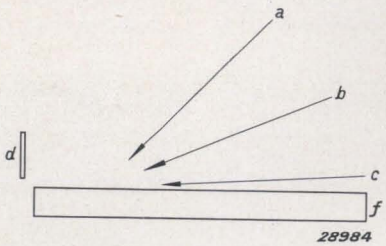


Fig. 3. Vergelijking van het reflectievermogen van een vochtige tegel bij waarneming onder de richtingen *a* (60°), *b* (80°) en *c* (89°). Op de tegel staat geschreven het woord STOP. Op het bordje *d* staat een opschrift in spiegelschrift. Fig. 4 laat zien, hoe met toenemende invalhoek het bordje steeds beter gespiegeld wordt, terwijl het opschrift van de tegel zelf steeds vager wordt.

we van een of ander opschrift. Tevens brengen we aan het eind van de tegel een verticaal bord *d* met een opschrift in spiegelschrift aan. Over het geheele oppervlak van de tegel ligt een waterlaag. We kijken vanuit de richtingen *a*, *b*, en *c*, die resp. hoeken $\Psi = 60°, 75°$ en $89°$ met de vertikaal maken. Fig. 4*a*, *b* en *c* geven nu aan hetgeen men resp. onder de kijkrichtingen *a*, *b* en *c* ziet. Deze foto's toonen duidelijk aan hoe het wegdek bij vergrooting van de hoek Ψ hoe langer hoe sterker als volkomen spiegel gaat werken. *Alhoewel dus het geïnundeerde wegoppervlak voor alle mogelijke kijkrichtingen heelemaal niet de eigenschappen van een spiegel bezit, volgt uit deze uiteenzetting toch, dat het wegdek, wanneer men het vanaf een groote afstand bekijkt, zich gaat gedragen als een volmaakte spiegel.*

Omdat juist deze kijkrichtingen voor het waarnemen bij snelverkeer van primair belang zijn, is de waarschuwing van het 8e. Internationale Wegencongres (Den Haag, Juni 1938, vijfde vraag, twaalfde conclusie) zoo buitengewoon juist.

Deze conclusie luidt aldus:

12. *Het wegdek moet van een zoodanige constructie zijn, dat de vorming van een waterfilm zooveel mogelijk wordt voorkomen, omdat een dergelijke film het wegdek doet spiegelen en uiterst heldere smalle strepen doet ontstaan, waardoor verblinding optreedt en het zicht vermindert.*

Hoe reflecteert het wegdek als géén waterlaag ontstaat?

Wij hebben boven gezien, dat een geïnundeerd wegdek nooit geheel bevredigend verlicht kan worden en wij willen van dit meest ongunstige geval in het volgende afzien. Maar ook bij een droog wegdek of bij een wegdek, dat wel vochtig, maar niet geïnundeerd is, zijn de reflectie-eigenschappen,

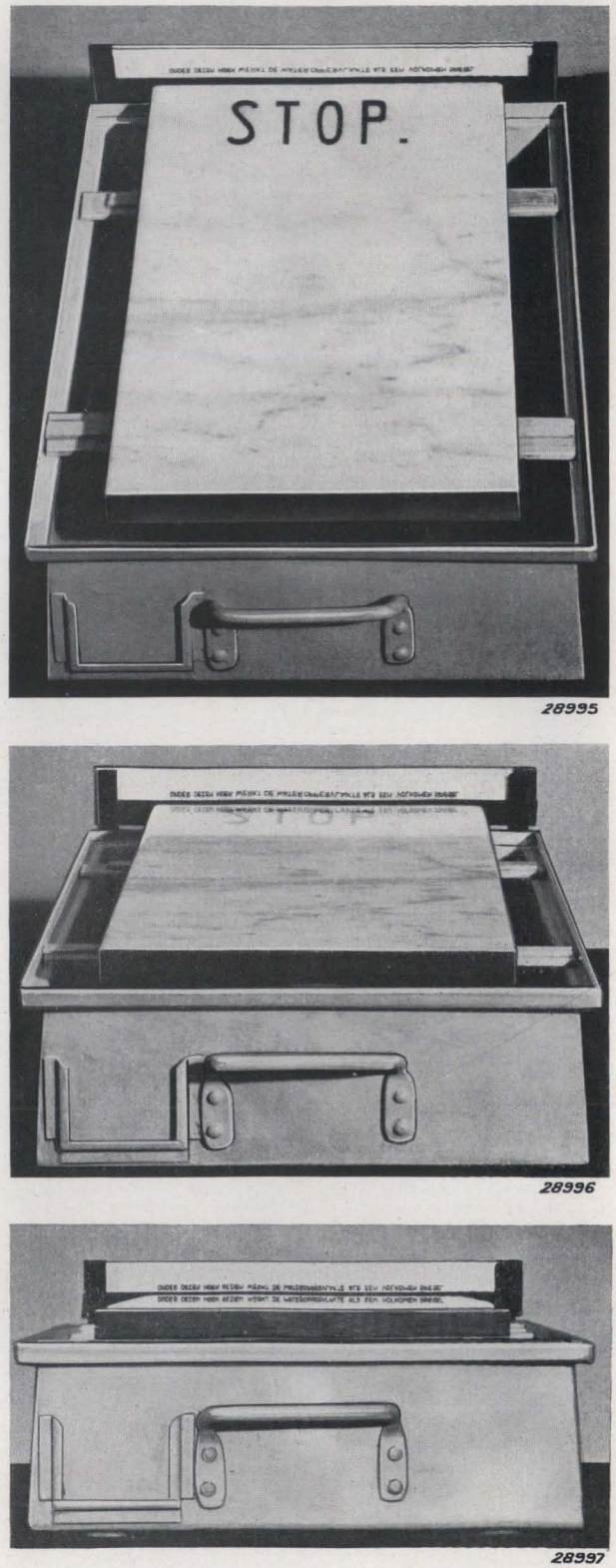


Fig. 4. Spiegeling aan een wegdektegel in de opstelling fig. 3. De drie foto's hebben betrekking op de waarnemingsrichtingen *a*, *b*, *c*.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

die men bij het ontwerpen van een verlichtingsinstallatie in rekening moet brengen, verre van eenvoudig. Zelfs bij de schijnbaar diffuse wegdekoppervlakken blijkt de sterkte der reflectie in een richting, nagenoeg evenwijdig aan het straatoppervlak, zeer sterk af te wijken van de wet van Lambert.

Om zich een idee te vormen, hoe de reflectie op een droog en een vochtig wegdek tot stand komt, is het nuttig eenige wegdekken onder een binoculair microscoop te bekijken. Twee typische structuren, die men dan waarneemt, zijn in *fig. 5*

Fig. 5. Mikrofoto's (vergrooting 20×) van bereden wegdekken.
a) Zeer grof asfaltbeton met deklaag: „sandclinkersheet", genomen uit de weg Den Haag-Delft. Dit wegdek vertoont veel kleine doorschijnende kristallen, die op de foto niet duidelijk naar voren komen.
b) Fijn asfaltbeton op tusschenlaag, genomen uit de weg Amsterdam-Haarlem. Het wegdek is donker en vrij vlak, afgezien van putten en groeven.

weergegeven. Uit deze en andere door ons microscopisch onderzochte oppervlakken, kregen we de volgende algemeene indruk:

De wegdekken zijn vrij ruw van oppervlak. Een van de hoofdoorzaken van de putten, die zich in het oppervlak bevinden, is het uitbreken van stukken steen. De verhevenheden zijn in vele gevallen plaatsen, waar een hard stuk steen vlak onder het oppervlak of gedeeltelijk er boven uit ligt.

Tengevolge van de putten en verhevenheden zal het licht, dat uit een bepaalde richting op het wegdek valt, naar vele richtingen verspreid worden, zelfs al wordt het door de enkele deeltjes op het wegdek spiegelend gereflecteerd, zooals dit gedeeltelijk het geval is. Andere deeltjes vertoonen daarentegen zelf een spreidende reflectie [4]).

Deze deeltjes hebben meestal een grijze tint; het licht dringt er eenigszins in en wordt zoodanig van richting veranderd, dat de reflectie in vele gevallen bijna volkomen diffuus is.

Wanneer een dergelijk stuk wegdek nat wordt, trekt zich een vochthuidje over alle samenstellende deelen van de fijne structuur. Hierdoor wordt de spreidende reflectie van vele deeltjes kleiner en krijgt men op alle deeltjes gerichte reflectie volgens de formules van Fresnel (zie fig. 1).

Wanneer de hoeveelheid water op het oppervlak vermeerdert, zal er nog meer gebeuren: de waterhuidjes worden dikker en gaan de ruimten tusschen de omhoogstekende deeltjes opvullen. Het wateroppervlak volgt dus de vorm van het deeltje niet meer, maar rondt dit af, zoodat de kromtestraal van dat wateroppervlak grooter is dan van het oorspronkelijke deeltje van de wegdekstructuur. De normalen, die men op dit afgeronde wateroppervlak kan trekken, wijken veel minder af van de normaal op het wegoppervlak dan de normalen, die in droge toestand op het wegdekdeeltje konden worden aangebracht. Men krijgt hierdoor het bekende effect van glimmen: méér weerkaatsing tenopzichte van normalen dicht bij de verticaal en minder tenopzichte van normalen met een groote afwijking van de verticaal.

We zien dus, dat het wegdek in droge en vochtige toestand zich, wat zijn reflectie-eigenschappen betreft, bevindt tusschen het volkomen diffuse en volkomen gericht reflecteerende oppervlak in.

We willen nu trachten deze reflectietoestand nader te karakteriseeren door uit te gaan van de beide grensgevallen nl.: de volkomen diffuse en de volkomen gerichte reflectie.

[4]) We gebruiken het woord „spreidend" om aan te geven een tusschentoestand tusschen volkomen diffuus en volkomen gericht reflecteerend, indien de tusschentoestand niet te omschrijven is als: een bepaald percentage volkomen diffuus en een bepaald percentage volkomen gericht.
Een voorbeeld, waarbij dit laatste practisch voldoende nauwkeurig kan, is een opaalglas met glad oppervlak. De meeste in de practijk voorkomende oppervlakken met een matte glans vallen onder de categorie, die wij „spreidend" noemen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Karakteristiek verschil tusschen volkomen diffuse en volkomen gerichte reflectie

Bij het verlichten van een volkomen diffuus reflecteerend oppervlak is de helderheid, die door dat oppervlak in iedere willekeurige richting wordt teruggekaatst, evenredig aan de verlichtingssterkte.

Zij ϱ_d voor een dergelijk oppervlak de reflectiecoëfficient (verhouding van de totale teruggekaatste tot de totale toegestraalde lichtstroom) dan mag men de formule voor het quotient q_d van de helderheid B' (in K/cm²) en de verlichtingssterkte E (in lux) aldus schrijven:

$$q_d = \frac{B'}{E} = \frac{\varrho_d}{\pi}$$

Dit quotient q_d noemen we de helderheidscoëfficient voor diffuse reflectie. Voor een volkomen diffuus reflecteerend oppervlak is dit dus, bij alle combinaties van verlichtings- en kijkrichting en bij alle mogelijke variaties in de afmetingen van de lichtbron, een constante waarde.

Voor het volkomen gericht reflecteerende oppervlak is het quotient van helderheid en verlichtingssterkte niet zoo eenvoudig aan te geven.

Het spiegelende wegdek is overal donker behalve in de waarnemingsrichting, waarin het spiegelbeeld van de lichtbron wordt gezien. De helderheid B' van dit spiegelbeeld is alleen bepaald door de helderheid B van de lichtbron, maar onafhankelijk van de verlichtingssterkte op de weg. Immers de verlichtingssterkte E is door de helderheid van de lichtbron niet bepaald, maar bij gegeven helderheid van de lichtbron evenredig met de ruimtehoek ω (zie *fig. 6*) waaronder de lichtbron vanuit

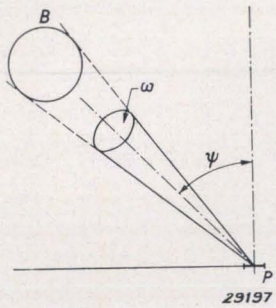


Fig. 6. De verlichtingssterkte van het wegdekpunt P is $E = B\,\omega\,\cos\,\Psi$.

het wegdekpunt wordt gezien. De helderheidscoëfficient B'/E is dus geen eigenschap van het wegdek alleen, maar voor ieder wegdekpunt omgekeerd evenredig met de ruimtehoek ω en heeft dus ter karakteriseering van het spiegelende wegdek feitelijk geen beteekenis.

Spreidende reflectie

Aangezien de spreidende reflectie een tusschentoestand is tusschen de diffuse en de spiegelende reflectie kan men verwachten, dat ook hierbij de helderheidscoëfficient niet alleen afhangt van de verlichtings- en waarnemingsrichting maar tevens van de ruimtehoek, waaronder de lichtbron vanuit het wegdekpunt wordt gezien. Men moet zich hierbij voorstellen, dat de lichtbronnen in het spreidende oppervlak nog altijd — zij het ook zeer onscherpe — spiegelbeelden geven en dat de helderheid van deze spiegelbeelden toeneemt, wanneer de lichtbron (onder behoud van zijn lichtsterkteverdeeling) verkleind wordt. Wanneer de schijnbare grootte van de lichtbron echter kleiner wordt dan de onscherpte van het spiegelbeeld, zal een verdere verkleining practisch geen verandering in het spiegelbeeld meer geven en ook de helderheid van het spiegelbeeld zal dan niet meer grooter worden.

Voor lichtbronnen, kleiner dan deze grens, bestaat dus weer een goed gedefinieerde helderheidscoëfficient, die alleen afhangt van de verlichtings- en kijkrichting, maar onafhankelijk is van de grootte van de lichtbron. Het is duidelijk, dat deze grens des te eerder, dwz. bij een des te grootere lichtbron zal optreden, naarmate het licht sterker gespreid teruggekaatst wordt.

Een wegoppervlak, dat bij de normale lichtbronafmetingen der straatverlichting een goed gedefinieerde helderheidscoëfficient heeft, noemen we sterk spreidend.

Uit metingen, gedaan door den schrijver [5]), is gebleken, dat wegoppervlakken in droge en in matig vochtige toestand als sterk spreidend beschouwd kunnen worden. Dit is van groot belang, omdat het eerst hierdoor mogelijk is een waarde van q voor iedere combinatie van verlichtings- en kijkrichting te bepalen en met behulp van een dergelijk verband de eigenschappen van een wegdek te discussieeren.

---

[5]) Zie de dissertatie van den schrijver, blz. 80. Proefondervindelijk werd aangetoond, dat de helderheidsverdeeling van droge wegdekken niet verandert, als men eerst meet met een lichtbron van dusdanige afmetingen, dat de verhouding: diam. lichtbron tot ophanghoogte overeenkomt met de maximale verhouding, die daarvoor in de practijk pleegt voor te komen en daarna meet met een lichtbron, die 250 × helderder is en waarbij de ruimtehoek ω dus $^1/_{250}$ bedraagt van de ruimtehoek, die bij de eerste meting gebruikt was. Om hetzelfde onderzoek uit te voeren aan vochtige wegdekken, werd een uit het wegdek gesneden tegel op een bepaalde reproduceerbare wijze vochtig gemaakt. De hierbij verkregen toestand komt naar onze schatting ongeveer overeen met de vochtigheid, die een wegdek urenlang kan behouden als het een klein beetje regent of dampig weer is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

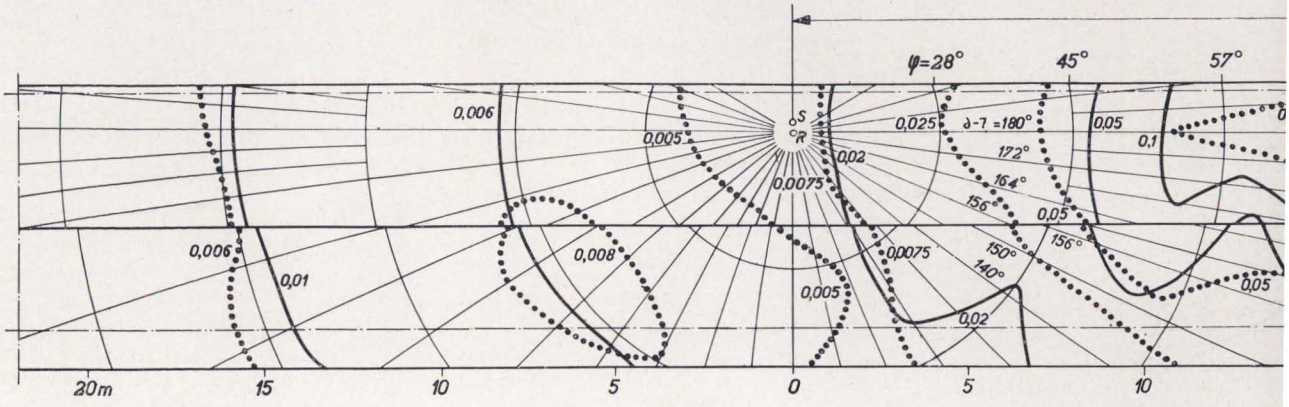


Fig. 7. Krommen van gelijke helderheidscoëfficient (iso-q-krommen) voor een dakvormige weg (helling 1 : 50) van 8 m breedte. Hoogte van het lichtpunt 8 m boven de rand van de weg. Het oog van de waarnemer bevindt zich op 100 m af-

Meetresultaten

In *fig. 7* geven we de lijnen van constante helderheidscoëfficient voor de droge toestand (volle lijnen) en voor de door ons gemeten (reproduceerbare) vochtige toestand (stippellijnen) van het wegdek van de Rijksweg Den Haag-Delft (zie microphoto fig. 5*a*).

In deze teekening is rekening gehouden met de „tonrondheid" van de weg. Deze tonrondheid is bij moderne wegen niet meer een ronde vorm van het wegoppervlak maar een dakvorm. Vanaf het midden helt het wegoppervlak naar beide wegranden met een helling 1 : 50. Hierdoor ziet men dus op de hartlijn van het wegoppervlak een discontinuiteit in het verloop van de iso-q-krommen. De q-waarden voor verschillende punten van het wegdek, dus verschillende richtingscombinaties, loopen zeer sterk uiteen. Men ziet in het diagram voor het droge wegdek iso-q-krommen voor q-waarden van 0,006 tot 1, terwijl de q-waarden voor het vochtige wegdek tusschen 0,005 en 10 verschillen.

Voordat we uit deze iso-q-krommen een conclusie omtrent de helderheidsverdeeling bij verschillende lichtbronnen trekken, is het noodig, dat we eerst nagaan in hoeverre deze iso-q-krommen typeerend zijn niet alleen voor dit wegdek, maar voor alle wegdekken. We beschikken hiertoe over soortgelijke metingen aan klinker-, asphaltbeton-, granietkei- en cementbeton-wegdekken.

Wanneer men uit de metingen aan al deze verschillende wegdekken de waarden vergelijkt, die voor dezelfde richtingscombinatie gevonden zijn dan ziet men hierbij een veel kleinere onderlinge variatie dan de variatie, die we vinden voor verschillende richtingscombinaties, gemeten aan eenzelfde wegdekpunt.

We kunnen aan de hand van de cijfers hierover het volgende zeggen:

In droge toestand blijken voor éénzelfde richtingscombinatie de waarden van q voor twee punten van verschillende wegdekken niet sterker uiteen te loopen dan een factor 4. Daartegenover staat, eveneens in droge toestand, dat de waarden van q voor eenzelfde wegdekpunt en verschillende richtingscombinaties zelfs bij de meest diffuse wegdekken meer dan een factor 50 verschillen.

In de vochtige toestand worden deze cijfers grooter en komen tusschen de verschillende wegdekken wel factoren 8 voor. De verschillende richtingscombinaties van eenzelfde wegdek verschillen dan echter veel meer (meer dan een factor 2000).

Tusschen de iso-q-krommen van de verschillende wegdekken is vrij groote overeenstemming. Wel niet zoo sterk, dat men het stelsel krommen van het eene wegdek slechts van hoogere waarden behoeft te voorzien om de krommen van het andere wegdek te verkrijgen, maar wel zoo, dat men de in fig. 7 aangegeven iso-q-krommen mag beschouwen als typische krommen van een wegdek in deze beide door ons gemeten vochtigheidstoestanden. Wèl is het 't allerdonkerste van alle wegdekken, die we gemeten hebben. Gemiddeld hebben de helderheidscoëfficienten waarden, die een factor 2,5 hooger liggen [6]).

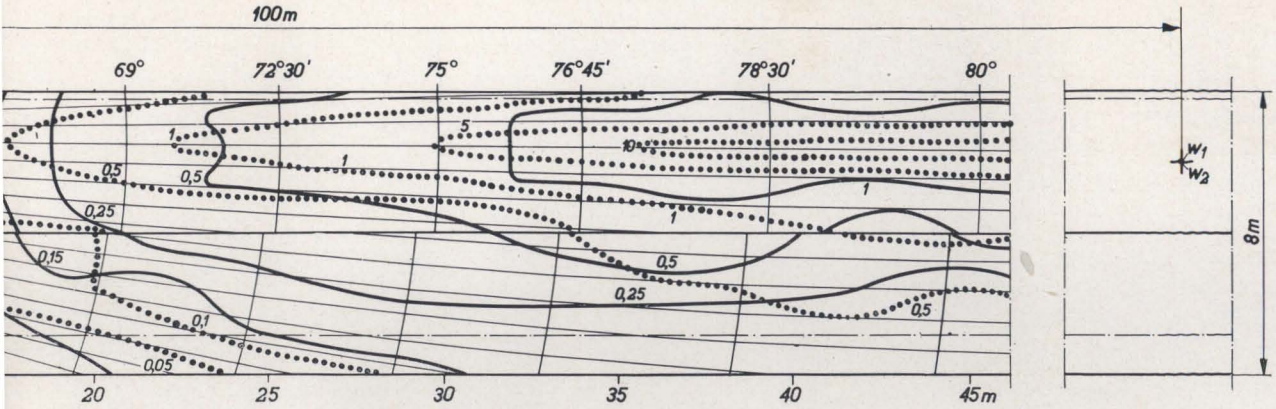
Uit de meetresultaten aan wegdekken in droge en vochtige toestand, die de toestand vastleggen, zooals die gedurende het overgroote deel van de tijd bestaat, willen we een algemeene conclusie trekken:

---

[6]) Deze betrekkelijk kleine verschillen tusschen de wegdektypen onderling kloppen niet met de ervaringen, die we omtrent het gedrag van de wegdekken gedurende en na regen hebben. *Men moet dan ook tot de conclusie komen, dat de wegdekken onderling het sterkst verschillen, wanneer men ze onderzoekt op de hoeveelheid water, die per minuut kan worden afgevoerd, zonder dat een gesloten wateroppervlak ontstaat.*

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023



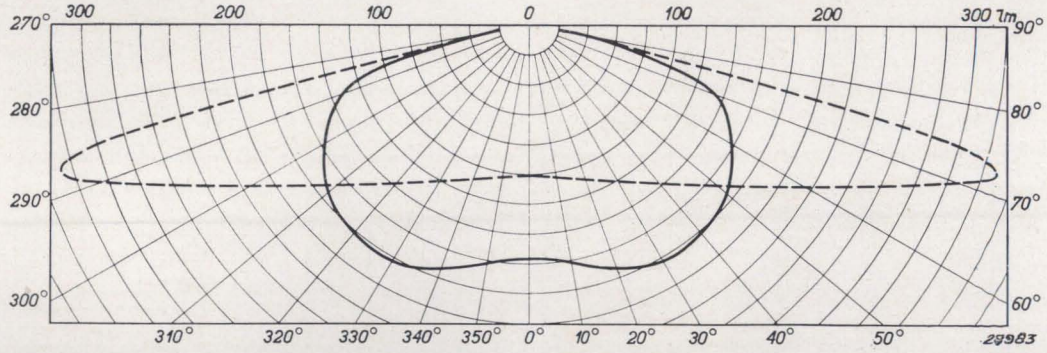
stand van de lichtbron en een hoogte van 1,5 m boven het wegdek. Volle lijnen geven de droge toestand, stippellijnnen de vochtige. De *q*-waarden zijn gemeten aan een tegel van de Rijksweg Den Haag-Delft.

Nog zeer vaak gebruikt men bij het ontwerpen van plannen voor wegverlichting de isoluxkrommen als basis voor de beoordeeling. Men gaat er daarbij stilzwijgend van uit, dat de verlichtingssterkte en de helderheid, die de waarnemer zal zien, in eenig constante verhouding tot elkaar staan. De gelijkmatigheidsfactor (verhouding van hoogste tot laagste verlichtingssterkte) wordt door vele personen, die te beslissen hebben over het al of niet uitvoeren van de eene of de andere verlichtingsinstallatie, gevoeld als een factor, die misschien wel niet precies met de verhouding van de hoogste tot de laagste helderheid overeenstemt, maar die toch zeer goed als een eerste benadering daarvan mag worden gebruikt. Men veronderstelt dus, dat de waarde van *q* ongeveer constant zal zijn.

Uit het feit, dat de waarde van *q* voor droge wegdekken voor verschillende richtingscombinaties meer dan een factor 50 uiteenloopt en dat bij de vochtige toestand deze factor meer dan 2000 gaat bedragen, *blijkt ten duidelijkste, dat zoowel de isoluxkrommen als de gelijkmatigheidsfactor van de verlichtingssterkte geen waarde hebben voor het verkrijgen van een indruk omtrent de helderheidsverdeeling over het wegdek.*

Welk practisch gebruik kan men van de helderheidscoëfficienten maken?

De verlichtingssterkte is de grootheid, die aangeeft welke lichtstroom per vierkante meter weg-



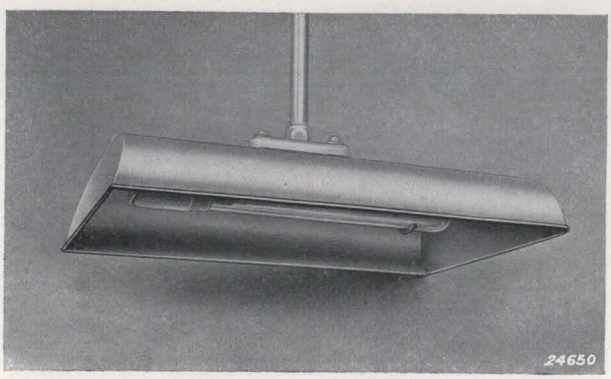


Fig. 8. Foto (links) en lichtverdeelingskromme (boven) van het „Philora" armatuur, SORA 61001, voor natriumlampen. Deze lichtverdeeling vormt een compromis tusschen de eischen van een goed rendement en een goede gelijkmatigheid van de verlichting. De gestippelde kromme geeft een minder gunstige lichtverdeeling weer.

oppervlak wordt gebruikt; de eenheid lux is immers één lumen per m².

Omdat de helderheidscoëfficient de verhouding aangeeft tusschen de helderheid van het wegdek en de daarvoor per eenheid van wegoppervlak verbruikte lichtstroom, wil men deze coëfficient

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

wel eens beschouwen als het nuttig effect van het wegdek. Dit zou juist zijn, indien het eenige doel van de wegverlichting was het zoo hoog mogelijk opvoeren van de helderheid van het wegdek en de helderheidsverdeeling slechts van ondergeschikt belang zou zijn.

Voor het waarnemen op de weg is het echter meestal omgekeerd en kan men op een weg, waarop de gemiddelde helderheid betrekkelijk laag is maar de verdeeling van de helderheid goed, meestal beter de eventueele obstakels waarnemen dan bij een weg, waarop de gemiddelde helderheid veel hooger is en de verdeeling van de helderheid minder gelijkmatig.

Wanneer men tot het verkrijgen van een hoogere helderheid van het wegdek meer gebruik gaat maken van hooge helderheidscoëfficienten, beteekent dit, dat men een verhoudingsgewijs grootere lichtstroom stuurt naar die punten van het wegdek, waarvoor de waarde van q groot is. Dit zullen in de meeste gevallen de punten zijn, die toch al een hooge helderheid bezaten, zoodat dus de gelijkmatigheid van de helderheid achteruitgaat. Willens en wetens zal men dus vaak naar wegdekpunten met een betrekkelijk lage helderheidscoëfficient een betrekkelijk groote lichtstroom moeten sturen om al te groote ongelijkmatigheid in de helderheid te vermijden.

Om deze zelfde reden zal men zeer voorzichtig moeten zijn met het sturen van veel licht naar die punten, waarvoor de q in droge en vochtige toestand sterk uiteenloopt. Dit zijn de punten, die tusschen lichtbron en waarnemer op betrekkelijk groote afstand van de lichtbron zijn gelegen (zie fig. 7).

Door deze eischen wordt dus de afstand, die bij een bepaalde lichtpunthoogte kan worden verlicht, beperkt. Ook het voorkómen van verblinding door het directe licht van de lichtbronnen geeft een soortgelijke beperking van de afstand, die door iedere lichtbron wordt bestreken.

Het is duidelijk, dat uit de verdeeling van de helderheidscoëfficient zoowel in droge als vochtige toestand belangrijke conclusies te trekken zijn, betreffende de invloed van lichtpuntshoogte en -afstand. Hierop willen we in een volgend artikel nader terugkomen.

Het vraagstuk: welke ongelijkmatigheid in helderheid al dan niet toelaatbaar is, is eveneens een probleem op zichzelf. Voor het behandelen hiervan moet men uitgaan van het perspectivische wegbeeld en van de afmetingen, vorm en reflectievermogen van de obstakels, die op het wegdek waargenomen moeten kunnen worden. Ook op deze perspectivische beschouwingen hopen we een andermaal nader te kunnen ingaan.

Een nadere studie van hetgeen al dan niet toelaatbaar is, is ook van belang, omdat de reflectie eigenschappen in droge en in vochtige toestand zóó sterk verschillen, dat men nooit in staat is een installatie te maken, die een behoorlijke helderheid heeft en waarbij, zoowel in vochtige als in droge toestand, het wegdek ongeveer gelijkmatig helder gezien wordt.

Discussie van de eigenschappen van een speciaal armatuur met behulp van bekende helderheidscoëfficienten

Van het bovengenoemde Philips armatuur voor natriumlampen „Philora"-SORA 61001 geven we in *fig. 8* een foto en de lichtverdeelingskromme. Dit armatuur wordt meestal aan de rand van de weg aan een uitlegger gemonteerd.

In *fig. 9* is voor dit armatuur de verdeeling van de helderheid aangegeven, zooals waargenomen vanuit de plaats van de waarnemer op 100 m afstand van de paal (zie ook fig. 7). De getrokken krommen (r, s en t) geven voor de droge toestand de helderheid resp. langs de verbindingslijn van het loodrecht onder de lichtbron gelegen wegdekpunt met de plaats van de

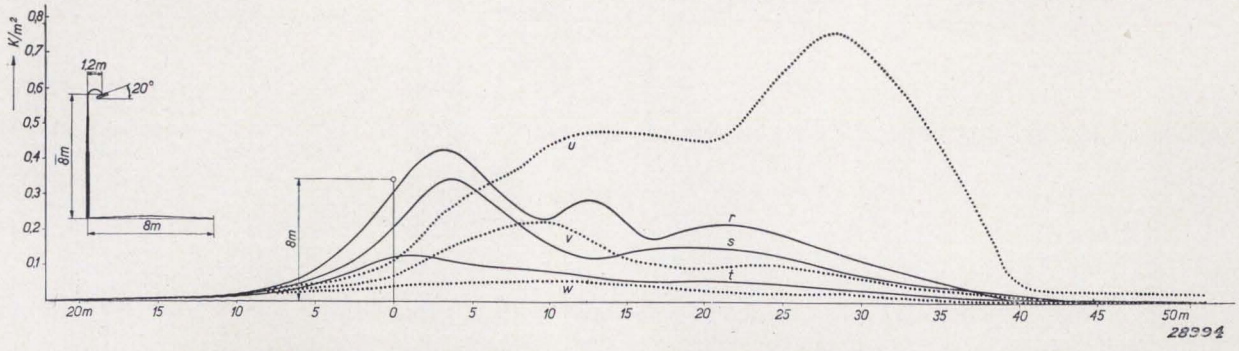


Fig. 9. Helderheidsverdeeling in droge toestand (getrokken lijnen) en vochtige toestand (gestippelde lijnen) over het wegdek van fig. 7 bij gebruik van een verlichtingsarmatuur volgens fig. 8. De krommen r en u hebben betrekking op de verbindingslijn tusschen het loodrecht onder de lichtbron gelegen punt en de waarnemer; s en v hebben betrekking op de hartlijn van de weg; t en w op de begrenzingslijn van het wegdek gelegen aan de overzijde van de lichtbron.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

waarnemer, de hartlijn van de weg en de begrenzingslijn van het wegdek gelegen aan de overzijde van de lichtbron. De gestippelde krommen (*u*, *v* en *w*) geven de helderheid in vochtige toestand voor deze zelfde lijnen op het wegoppervlak.

Uit deze figuur ziet men, dat het armatuur heel weinig bijdraagt tot de helderheid van die deelen van de weg, die verder van de waarnemer verwijderd zijn dan de lichtbron zelf. Dit komt het sterkst tot uiting in de vochtige toestand. Ook in de droge toestand echter mag men de helderheid van de wegdekpunten, die meer dan 7 m verder van de waarnemer verwijderd zijn dan de lichtbron zelf, practisch verwaarloozen.

Op een afstand van ongeveer 28 m van de lichtbron bevindt zich op de kromme *u* (vochtige toestand) het punt met de hoogste helderheid. Op deze zelfde afstand is de helderheid van de lijnen *r*, *s* en *t* reeds belangrijk lager dan de maxima, die op deze drie lijnen (droge toestand) voorkomen.

Van verschillende zijden worden armaturen in den handel gebracht, die veel meer licht (het drie à viervoudige van wat het Philora armatuur geeft) naar deze ver van de lichtbron verwijderde wegdekpunten zenden. Men heeft dan lichtverdeelingen zooals in fig. 8 aangegeven door de stippellijn. Uit fig. 9 ziet men, dat dit (afgezien van de hinder van het directe licht in de oogen van den waarnemer) voor de droge toestand geen bezwaren oplevert: de krommen *r*, *s* en *t* kunnen wel voor de doorsnede op ca. 28 m van de lichtbron tot het drievoudige verhoogd worden, zonder dat helderheden ontstaan, die voor het waarnemen storend zijn. Voor de vochtige toestand gaat dat echter niet. Men krijgt dan een helderheid, die ongeveer 40 maal zoo hoog is als de helderheid van eenig punt, dat aan de tegenover de lichtbron liggende zijde van de weg is gelegen. Een dergelijke hooge ongelijkmatigheid is zeer nadeelig voor het waarnemen op de weg.

Men ziet dus, dat bij het armatuur SORA 61001 een compromis gevonden is tusschen eenerzijds: het zooveel mogelijk gebruik maken van hooge waarden van de helderheidscoëfficient en anderzijds het vermijden van te hooge plaatselijke helderheden in de vochtige toestand.

Hoogere verlichtingssterkte aan de overzijde van de weg

Tot nu toe hebben we gesproken over lichtbronnen, die het licht zoo goed mogelijk verdeelen in de lengterichting van de weg. Daarbij bleek, dat men naar wegdekpunten, gelegen op dwarsdoorsneden op ongeveer 28 m van de lichtbron verwijderd, niet te veel licht moet zenden.

Wanneer we nu echter in fig. 7 en 9 het punt bekijken, dat op die dwarsdoorsnede aan de overzijde van de weg is gelegen, dan blijkt dit punt ook in vochtige toestand heelemaal geen zeer hooge en gelukkig ook geen zeer lage helderheidscoëfficient te bezitten. De waarde daarvan (0,1) komt zelfs nagenoeg overeen met de waarde van *q* voor de droge toestand.

Wanneer we dus voor deze grootere afstanden van de lichtbron concludeeren, dat de lichtsterkte over de volle wegbreedte niet moet worden opgevoerd boven de waarde, die het Natrium-armatuur SORA 61001 bezit, dan sluit dat niet in, dat men de lichtsterkte naar wegdekpunten, aan de overzijde gelegen, niet zou mogen opvoeren.

Hier ligt dus nog een mogelijkheid tot het verbeteren van de gelijkmatigheid in helderheid zoowel in droge als vochtige toestand.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

DE ELECTRO-ACOUSTISCHE INSTALLATIE IN HET VOLKENBONDSPALEIS TE GENEVE

door N. A. J. VOORHOEVE en J. P. BOURDREZ. 534.86

Een overzicht wordt gegeven van de installatie voor distributie en registratie van geluid, die in het Volkenbondspaleis te Genève is aangebracht. Zooveel mogelijk zijn alle onderdeelen in een versterkercentrale ondergebracht, ofschoon daarbij een grooter aantal lange leidingen noodig is dan bij een minder gecentraliseerde uitvoering. Men heeft nu echter o.a. het voordeel, dat de installatie gemakkelijker bediend kan worden.

Inleiding

Van de in het nieuwe Volkenbondspaleis aan het meer van Genève aanwezige vergaderzalen zijn er twee, welke wegens hun groote afmetingen en tevens ten dienste der openbaarheid van de in deze zalen te houden bijeenkomsten, moeten worden voorzien van electro-acoustische installaties.

volgende doeleinden op eenvoudige en bedrijfszekere wijze bereikt kunnen worden:

1) Versterking der geluidsintensiteit van het gesproken woord in elk der beide zalen, door gebruik te maken van luidsprekers, daar het stemgeluid van den spreker in deze zalen niet op alle plaatsen voldoende sterk is te hooren[1]).
2) Transmissie der redevoeringen zoowel naar de Volkenbondszenders als naar andere zendstations. Hierbij moest rekening worden gehouden met de mogelijkheid, dat in beide zalen gelijktijdig verschillende vergaderingen plaats vinden.

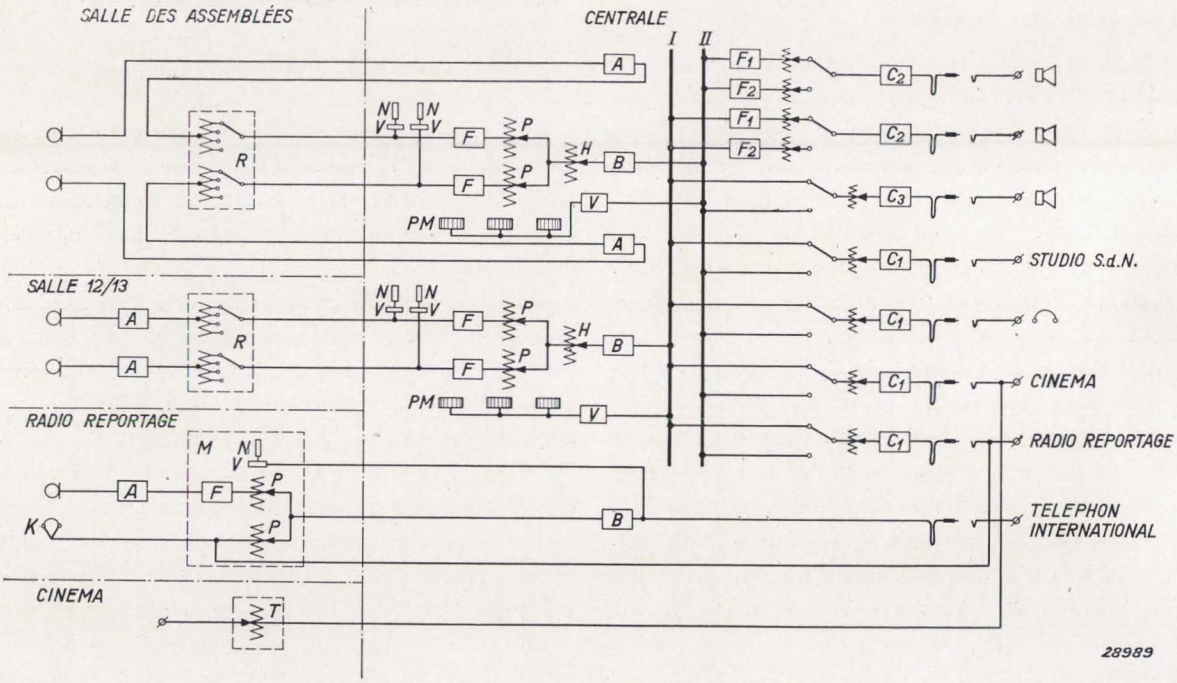


Fig. 1. Vereenvoudigd principeschema der versterkerinstallatie (laagfrequente gedeelte).

A	= microfoonvóórversterker	N	= neonindicator
B	= tusschenversterker	PM	= programmameters
C_1	= scheidingsversterker	M	= mengkast voor radioreportage
C_2	= krachtversterker	R	= poste de régie
C_3	= monitorversterker	T	= aansluitkastje voor geluidsfilm en andere toestellen voor geluidsregistratie
F, F_1, F_2	= filters	V	= versterker voor neonindicator en programmameter
H	= hoofdvolumeregelaar		
P	= mengpotentiometers		

Deze zalen zijn de groote algemeene vergaderzaal van den Volkenbond: „Salle des Assemblées", waarvan de afmetingen bedragen 59 bij 51 bij 20 m met zitplaatsen voor ongeveer 1550 personen, benevens een kleinere congreszaal, die tevens geschikt is voor cinema-voorstellingen: „Salle des Commissions 12/13" met afmetingen van 24 bij 12 bij 10 m en ongeveer 400 zitplaatsen.

Met de op te stellen apparatuur moesten de

[1]) Voor verdere maatregelen genomen ter verbetering van de acoustiek in de groote vergaderzaal wordt men verwezen naar: Philips techn. T. **3**, 150, Mei 1938.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

3) Weergave der redevoeringen door middel van luidsprekers in een groot aantal andere vertrekken van het Volkenbondspaleis.
4) Radioreportage der vergaderingen, waartoe in elk der beide zalen een aantal cabines zijn aangebracht.
5) Registratie der redevoeringen, hetzij op geluidsfilm, wanneer in de daartoe in beide zalen aanwezige cabines filmopnamen van de vergadering worden gemaakt, hetzij met behulp van verschillende, afzonderlijk opgestelde, toestellen voor geluidsregistratie.

In dit artikel zullen eenige principieele uiteenzettingen en voor de installatietechniek algemeen interessante bijzonderheden over de elèctrische en mechanische uitvoering dezer installatie worden gegeven.

De uitvoering der installatie

Bij de opzet van het project stond men voor de keuze uit twee mogelijkheden, nl.: hetzij voor elke zaal een afzonderlijke installatie te bouwen, hetzij de benoodigde apparatuur voor beide zalen in één centrale ruimte te vereenigen. Laatstgenoemde oplossing werd gekozen in weerwil van het feit, dat door de groote afstand van 120 m, waarop de beide zalen in het gebouw van elkaar verwijderd liggen, een gedecentraliseerde opstelling der toestellen technisch eenvoudiger te verwezenlijken zou zijn geweest. Gecentraliseerde opstelling bood hier echter, naast een zoo economisch mogelijk gebruik der benoodigde versterkers, bedienings- en contrôleorganen, het voordeel, dat men kon volstaan met een minimum aan technisch geschoold personeel voor de bediening der apparatuur. Deze argumenten wogen ruimschoots op tegen de noodzaak, wegens de lange te overbruggen afstanden, eenige speciale eischen aan het kabelnet te moeten stellen en tegen de aanleg eener eenvoudige signaleerinrichting, welke noodig werd, omdat het voor het tot stand brengen der transmissie verantwoordelijke personeel niet in de zalen zelf is geplaatst. Op deze beide punten wordt verderop in dit artikel nog nader ingegaan.

In sterk vereenvoudigde vorm geeft *fig. 1* het principeschema weer van het laagfrequente gedeelte dezer transmissie-installatie, waaruit duidelijk blijkt, dat in de zalen zelf alleen de onmisbare gedeelten der installatie zijn ondergebracht. Links van de streep-punt-lijn staat aangeduid, welke toestellen zich in de zalen bevinden, rechts daarvan is de in de centrale opgestelde apparatuur weergegeven.

In beide zalen staat een aantal microfoons in tafelmodel (5 in de „Salle des Assemblées", 4 in de „Salle 12/13") op de spreektribune (*fig. 2*) opgesteld, die aesthetisch bij het interieur der zalen passen. In verband met de eisch, dat de kwaliteit van de weergave niets te wenschen mag overlaten, zijn bandmicrofoons gekozen.

Fig. 2. Spreektribune in de „Salle des Assemblées", waarop de 5 bandmicrofoons in tafelmodel duidelijk zijn te zien.

Daar bandmicrofoons niet bijzonder gevoelig zijn, zou men last kunnen krijgen van storende bijgeluiden, indien de betrekkelijk lage uitgangsspanning der verschillende microfoons onmiddellijk met behulp van potentiometers zou worden geregeld en gemengd. Wij zien dan ook, dat direct achter de microfoons eerst vóórversterkers (*A*) zijn geplaatst, die het niveau zoo hoog opvoeren, dat daarna bediening der mengpotentiometers (*P*) geen hoorbare storingen meer kan veroorzaken.

Ten aanzien van de in de „Salle 12/13" opgestelde microfoons moest nog een andere mogelijke storingsbron worden vermeden, nl. het gevaar, dat in de 120 m lange verbindingsleiding tusschen deze microfoons en de versterkercentrale, welke aan de „Salle des Assemblées" grenst, hoorbare stoorspanningen zouden worden opgewekt, veroorzaakt door stoorvelden van andere in het gebouw aanwezige electrische geleidingen.

Hieraan kon slechts tegemoet gekomen worden door het niveau der microfoonspanningen reeds aan het begin dezer leiding voldoende hoog op te voeren, zoodat de vóórversterkers en de daarbij behoorende voedingstoestellen voor plaatspanning en gloeistroom voor de vier in de „Salle 12/13" aanwezige microfoons in deze zaal zelve zijn opgesteld. Dit zijn de eenige laagfrequentie versterkers, die niet in de versterkercentrale zijn geplaatst. Het principe der centrale technische bediening bleef echter bewaard, doordat deze versterkers van de centrale uit door middel van drukknoppen en daarmede correspondeerende schakelautomaten worden ingeschakeld. Ten behoeve van de vereischte

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

bedrijfszekerheid werd bovendien een groep van vier reserveversterkers geplaatst, welke met een drukknop in de centrale direct in bedrijf kunnen worden gezet, ter vervanging van de eventueel gestoorde groep.

Daar het in- en uitschakelen der microfoons moet geschieden op een plaats, waar men het verloop der vergadering kan volgen, is hiertoe in elke zaal een zg. poste de régie (*fig. 3*) opgesteld, waarin de op het schema (fig. 1) met R aangeduide potentiometers zijn gemonteerd. Deze potentiometers dienen er uitsluitend voor om te zorgen, dat het in- en uitschakelen der microfoons niet te hooren is, zoodat volumeregeling en menging niet op de poste de régie plaatsvindt. Bovendien zijn in de poste de régie een telefoontoestel benevens schakelaars en lampjes gemonteerd voor signaaldoeleinden, waarop verderop in dit artikel nog wordt teruggekomen.

Fig. 3. Poste de régie in de „Salle des Assemblées". Men ziet vóór op de bedieningstafel regelknoppen der potentiometers R en op de rechterbovenzijde de vier schakelaars voor de regeling der geluidssterkte van de luidsprekers. Daarboven staan de neonindicatoren, die de geluidssterkte op verschillende plaatsen in de zaal aangeven (zie het laatste hoofdstuk: signaleering).

De vóórversterkte, laagfrequente spanning is in de versterkercentrale aangesloten op mengpaneelen, welke deel uitmaken van de centrale bedienings- en contrôletafel, die rechts op *fig. 4* is te zien. Er zijn twee van deze mengpaneelen en wel één met 4 en één met 5 kanalen (in fig. 1 zijn slechts 2 kanalen van elk mengpaneel geteekend). In elk kanaal bevindt zich een filter F en een potentiometer P, waarmede de lage tonen, resp. de sterkte van elke microfoon kunnen worden geregeld. Ter wille van een overzichtelijke en snelle bediening is bovendien per kanaal een neonindicator N aangebracht, gevoed door een speciale versterker V, welke aangeeft, of er al dan niet laagfrequente spanning op de lijn staat. Op deze wijze is het voor den operateur tijdroovende omschakelen van de hoofdtelefoon vermeden.

Via de hoofdvolumeregelaar H en de tusschenversterker B, die de laagfrequente spanning op lijnniveau brengt, wordt de aldus gemengde modulatie van elk mengpaneel toegevoerd aan de verzamelrails I resp. II. Op deze verzamelrails kunnen

Fig. 4. Overzicht van de versterkercentrale. Op den achtergrond ziet men de bedieningstafel met de beide mengpaneelen met hun programmameters.

alle voor het realiseeren der in de inleiding genoemde doeleinden noodige organen naar keuze worden aangesloten. Dit geschiedt bij die lijnen, waarop lijnniveau vereischt is, met tusschenschakeling van een scheidingsversterkertje C_1 in elke lijn. Dit zijn de internationale telefoonlijnen, de lijnen naar de Volkenbondsstudio (Radio S.d.N.), naar de cinemacabines, naar de reportagecabines, naar de toestellen voor de geluidsregistratie en het interne distributienet. Hiermede wordt de bedrijfszekerheid vergroot, daar de uitgaande lijnen nu niet op elkaar kunnen terugwerken en dus bij eventueele storingen in één der lijnen de andere ongestoord in bedrijf kunnen blijven. Bovendien kunnen met deze versterkers C_1 nog extra lijnverliezen worden gecompenseerd. De krachtversterkers C_2, welke de krachtluidsprekers voeden, worden zonder tusschenschakeling van versterkers C_1 direct op de rails aangesloten.

Voorts zijn nog zg. monitorversterkers C_3 aangebracht, welke dienen voor het beluisteren van de kwaliteit der weergave in de centrale. Voor nauwkeurige contrôle der modulatie zijn in de schakeltafel voor elk paar verzamelrails een stel zg. programmameters PM (fig. 1) aangebracht. Elk stel meters bestaat uit drie meetinstrumenten, welke resp. aangeven de gemiddelde spanning, de minima en de maxima, welke gedurende de transmissie op de rails I en II optreden.

De lijnen naar de reportagecabines (7 in de „Salle des Assemblées" en 2 in de „Salle 12/13") eindigen aldaar op menglessenaars (zie M in fig. 1). De verslaggevers luisteren met koptelefoons K naar hetgeen in de zaal gesproken wordt en zij spreken

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

zelf in bandmicrofoons (zie *fig. 5*, interieur reportage cabine). De door deze microfoon geleverde modulatie wordt eerst weer versterkt door een microfoon-vóórversterker A, waarna zij via een filter F in de menglessenaar met de volumeregelaar P kan worden

Fig. 5. Cabine voor radioreportage. Door het venster kan de reporter het verloop der vergadering goed volgen. De microfoon is zoodanig bevestigd, dat hij binnen de cabine gemakkelijk naar alle richtingen verplaatst kan worden.

geregeld en tevens gemengd met de uit de vergaderzaal afkomstige modulatie. Bij de „Salle 12/13" zijn deze vóórversterkers wegens de groote afstand tusschen microfoon en centrale in de cabine zelf geplaatst, terwijl zij voor de „Salle des Assemblées" in de versterkercentrale zijn ondergebracht.

In de cabines voor het vervaardigen van filmopnamen (7 in de „Salle des Assemblées", zie *fig. 6*, en 2 in de „Salle 12/13") eindigen de leidingen, waardoor de modulatie wordt toegevoerd, op aansluitkastjes T (vgl. fig. 1). Elk kastje bevat een stel aansluitklemmen, waarop de cinema-operateur de modulatie kan aftakken voor de registratie op filmband. Teneinde de aanpassing zooveel mogelijk geschikt te maken voor de meest gebruikte opname-toestellen, is in het kastje een constante verzwakking van 20 db aangebracht, terwijl met een potentiometer nog een regelbare verzwakking van hoogstens 30 db hieraan kan worden toegevoegd. De cinema-operateur beschikt dus over een regelbaar niveau, dat 20 tot 50 db onder het lijnniveau ligt, hetgeen voor alle voorkomende gevallen voldoende is. Dezelfde kastjes worden eveneens gebruikt voor aansluiting van andere toestellen voor registratie van geluid.

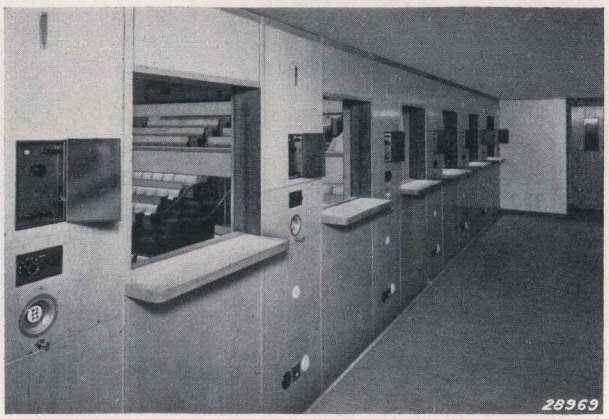


Fig. 6. Overzicht van de galerij voor het opnemen van filmen in de „Salle des Assemblées". Men ziet de zeven in de wand aangebrachte aansluitkastjes (T in fig. 1) voor registratie op geluidsfilm.

Het interne net voor geluidsdistributie, dat, zooals we boven reeds hebben gezien, ook via versterkers C_1 wordt gevoed, bevat een dertigtal in het gebouw verspreide aansluitpunten, waar dus eveneens lijnspanning ter beschikking staat. Op deze punten, welke op normale wijze met stopcontacten zijn uitgevoerd, worden versterkerkasten met ingebouwde luidspreker aangesloten.

Bij de krachtversterkers C_2, die de luidsprekers voor acoustiekverbetering en nog enkele andere luidsprekers voeden, welke laatste geplaatst zijn in aangrenzende zalen en vertrekken, zijn nog eenige speciale maatregelen getroffen om de frequentie-karakteristiek te regelen. Voor de acoustiekverbetering is het nl. noodzakelijk het klankbeeld nauwkeurig aan de acoustische omstandigheden van de betreffende zaal aan te passen, teneinde de beste verstaanbaarheid en kwaliteit te verkrijgen. Daarom werden voor elke zaal speciale vast-ingestelde filters F_1 ontworpen en dié versterkers C_2, welke voor acoustiekverbetering moeten dienen, worden dan automatisch op deze filters geschakeld, wanneer zij met de uitgaande leiding naar de correspondeerende luidsprekers in de zaal worden verbonden. Wanneer zij andere krachtluidsprekers moeten voeden, wordt automatisch een filter F_2 vóórgeschakeld, waarmede de frequentie-karakteristiek naar believen kan worden geregeld. Op deze wijze bleef het principe gehandhaafd, hetwelk voor alle versterkers C_1 en C_2 geldt, nl. dat zij in elke groep alle onderling volkomen gelijkwaardig voor de verschillende doeleinden kunnen worden gebruikt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Versterkerniveaus

In een dergelijke groote versterkerinstallatie, waarmede dus de door een aantal verschillende spanningsbronnen opgewekte energieën moeten worden versterkt, geregeld en daarna verdeeld over een aantal verschillende weergavetoestellen, is het doelmatig de totale versterking tusschen spanningsbron en weergavetoestel niet ineens te doen plaatsvinden. Men moet er nl. voor zorgen, dat bij de eerste versterking de energieën zóóveel worden versterkt, als noodig is om daarna, zonder gevaar voor het introduceeren van storende bijgeluiden, geregeld en gemengd te kunnen worden. Vervolgens worden dan de aldus in slechts enkele groepen samengebrachte energieën (lijnprogramma's) versterkt tot een niveau, dat geschikt is om de weergavetoestellen te voeden. Door de installatie op deze wijze te construeeren, bereikt men, dat zij, geheel onafhankelijk van de aard der spanningsbronnen en weergavetoestellen, kan worden samengesteld uit zooveel mogelijk onderling gelijke en derhalve verwisselbare onderdeelen.

We willen nu nagaan, hoe dit principe in de versterkerinstallatie van het Volkenbondspaleis tot uitvoering is gebracht. Als voedingsniveau voor de weergave-toestellen is hier gekozen het zg. lijnniveau, dat aanwezig is op de verzamelrails *I* en *II* (zie fig. 1), en dat zoo is gekozen, dat de gemiddelde effectieve waarde van de laagfrequente spanning overeenkomt met een energie van 6 mW. De sterkte van de andere in de installatie voorkomende niveaus zal worden uitgedrukt ten opzichte van het aldus gedefinieerde lijnniveau.

Bij het vaststellen der verschillende versterkingstrappen gaan wij uit van de gebruikte bandmicrofoons, die bij een geluidsdruk van 1 dyne/cm² een vermogen leveren, dat $10^{-7,4}$ maal het vermogen van 6 mW van het lijnniveau bedraagt; met andere woorden: deze bandmicrofoon heeft voor een geluidsdruk van 1 dyne/cm² een gevoeligheid van — 74 db ten opzichte van het lijnniveau. De meeste intensiteitsmaxima leveren bij normaal spreken op ongeveer 100 cm afstand vóór de microfoon een geluidsdruk van ongeveer 1 dyne/cm², terwijl de gemiddelde intensiteit van het geluid ongeveer 15 db ten opzichte daarvan lager ligt en in enkele weinig voorkomende korte maxima een intensiteit wordt bereikt, die ongeveer 5 db hooger ligt. Practische metingen, in het Philips Laboratorium verricht, leverden bovengenoemde resultaten op, die goed overeenstemmen met door Fletcher[2]) gepubliceerde gegevens.

[2]) Fletcher, Bell system techn. J. **10**, 349, 1931.

Volgens deze is het vermogen van de grootste maxima ongeveer 1 mW. Wij kunnen dit getal vergelijken met het resultaat van onze metingen door met behulp van de gemeten geluidsdruk het vermogen van de geluidsbron te berekenen. Het vermogen W staat in theoretisch verband met de geluidsdruk p in dyne/cm² op een afstand r volgens de vergelijking:

$$W = \frac{4\pi r^2 p^2}{\varrho c} \text{ erg/sec} = \frac{4\pi}{\varrho c} r^2 p^2 10^{-7} \text{ watt},$$

waarin ϱ de dichtheid van lucht voorstelt en c de voortplantingssnelheid van het geluid. Voor lucht onder normale omstandigheden kan $\varrho c = 42$ worden genomen.
Door een geluidsdruk van 1,8 dyne/cm² te nemen, dit is 5 db hooger dan 1 dyne/cm², verkrijgen we:

$$W = \frac{4\pi}{42} 100^2 \cdot 1{,}8^2 \cdot 10^{-7} = 10^{-3} \text{ W} = 1 \text{ mW},$$

geheel in overeenstemming met de gegevens van Fletcher.

Bij spreken in een zaal zijn de omstandigheden nog wel wat anders. Teneinde hierover practische gegevens te verzamelen, werden in 1937 met behulp van een provisorische uitvoering der versterkerinstallatie intensiteitsmetingen verricht bij verschillende sprekers in de „Salle des Assemblées". De gemiddelde intensiteit bleek bij de meeste sprekers 5 tot 15 db en in een enkel geval zelfs 20 db hooger te liggen dan bij een persoonlijk gesprek. Dit stemt ook volkomen overeen met de waarnemingen van Fletcher, die vermeldt, dat bij hard schreeuwen de geluidsintensiteit 20 db ligt boven die in een gewoon gesprek (dwz. honderd maal zoo groot is) en dat sommige personen ook in een persoonlijk gesprek wel tot 9 db boven het gemiddelde komen. Bij een minimale afstand van 70 cm tot de microfoon komt dus het grootste maximum, dat in de intensiteit optreedt, ongeveer 23 db hooger te liggen dan de geluidsintensiteit in een gewoon gesprek op een onderlinge afstand van 1 m.

Beschouwen wij nu een zacht spreker, die in zijn redevoering tot op $^1/_4$ daalt van de normale intensiteit en die zich bijv. bovendien op 2 m afstand van de microfoon bevindt, dan heeft het door hem voortgebrachte niveau in de versterker slechts $^1/_{16}$ van de normale intensiteit en ligt dus 12 db lager.

De veel voorkomende maxima liggen ten opzichte van het lijnniveau van 6 mW dus resp. op:
— 74 + 23 = — 51 db voor de hardste spreker
en — 74 — 12 = — 86 db voor de zachtste.

Zooals reeds eerder werd opgemerkt, ligt in de normale spraak de gemiddelde intensiteit ongeveer 15 db lager dan de veel voorkomende maxima; voor de beschouwde zachte spreker wordt dit dus een niveau van — 101 db ten opzichte van het lijnniveau van 6 mW.

Het gemiddelde geluidsniveau van de zachte spreker en de maxima van een zeer harde spreker

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

liggen dus ongeveer 50 db uiteen en van de versterkerinstallatie wordt verlangd, dat zij deze beide, een factor 100 000 verschillende, geluidsenergieën behoorlijk zal kunnen verwerken. De maxima in de zwakste spraak moet de versterkerinstallatie tot op het lijnniveau van 6 mW kunnen brengen. Er wordt derhalve een maximale versterking van 86 db verlangd. In de filters en geluidmengers treedt in totaal een verzwakking op van ongeveer 14 db, zoodat de versterkers A en B samen ongeveer 100 db moeten versterken. Voor beide versterkingstrappen is nu 50 db gekozen.

Achter het mengpaneel zou de intensiteit in de pieken dus varieeren van — 50 tot — 15 db en achter de versterker B van 0 tot + 35 db, wanneer geen volumeregeling plaats vond. Weliswaar heeft

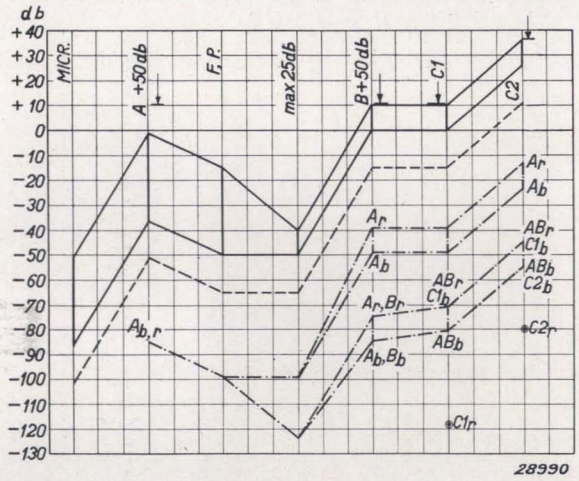


Fig. 7. Schema der energieniveaus. De stippellijn geeft het verloop aan van het gemiddelde energieniveau voor de zachtste spreker; de direct daarboven gelegen, getrokken lijn stelt het verloop van de intensiteit van een normale spreker voor; de bovenste getrokken lijn het verloop voor de luidste spreker. — · — · — · — stellen het verloop der stoorniveaus voor, waarbij dit achter de potentiometers P voor de beide uiterste standen der volume-regeling is geteekend.

A_r ruischniveau versterker A, A_b bromniveau versterker A,
B_r ruischniveau versterker B, B_b bromniveau versterker B,
C_{1r} ruischniveau versterker C_1, C_{1b} bromniveau versterker C_1,
C_{2r} ruischniveau versterker C_2, C_{2b} bromniveau versterker C_2,
F filter, P mengpotentiometers.

De versterkers A, B, C_1 en C_2 hebben een vervorming van minder dan 1% bij de resp. met een pijltje aangeduide niveaus.

de versterker B bij + 10 db slechts 1% vervorming, daarboven echter loopt de distorsie vrij snel op (vgl. fig. 8). Het lijkt dan ook gewenscht en het is ook inderdaad practisch op het gehoor vastgesteld, dat men er voor moet zorgdragen, dat de maximaal optredende pieken niet boven 10 db uitkomen. Daaruit volgt, dat de mengpotentiometers en de hoofdvolumeregelaar een verzwakking met minstens 25 db moeten kunnen geven.

Fig. 7 geeft weer, hoe in de verschillende trappen van de geheele versterkerinstallatie de energieniveaus varieeren, terwijl ook de ligging van brom- en ruischniveaus is aangegeven. Voor de versterkers A bedragen deze beide — 85 db; door de filters F worden zij verminderd tot — 99 db. Voorbij de potentiometers P is in fig. 7 het verloop der brom- en ruischniveaus voor de *beide uiterste grenzen* der volumeregeling geteekend. Afhankelijk van de stand der potentiometers hebben dan de brom- en ruischniveaus een waarde, die tusschen — 99 en — 124 db ligt. Het ruischniveau van de versterker B ligt op — 75 db, dit is 10 db hooger dan dat van A. Deze verhooging van 10 db ontstaat, doordat de frequentiekarakteristiek van de versterker B van 2000 Hz af oploopt tot + 14 db bij 10 000 Hz, hetgeen noodig is om een overeenkomstige daling in de frequentiekarakteristiek van de bandmicrofoon te compenseeren.

Het bromniveau van de versterker B bedraagt wèl, evenals dat van A, — 85 db; tengevolge hiervan verschillen de brom- en ruischniveaus achter de versterker B, zooals op fig. 7 is te zien, 10 db. In de minimale stand der volumeregelaars zijn achter de versterkers B zoowel de ruischbijdragen als de brombijdragen van A en B onderling vrijwel gelijk, zoodat het totale storingsniveau ongeveer verdubbeld is, hetgeen een verhooging van deze niveaus beteekent met 3 db tot resp. AB_r en AB_b (vgl. fig. 7). In de maximale stand der volumeregeling zijn daarentegen de brom- en ruischbijdragen van de versterkers B klein ten opzichte van die van A àchter deze versterkers B, zoodat de brom- en ruischniveaus A_r en A_b in dàt geval niet noemenswaardig toenemen.

De brom- en ruischniveaus achter de versterkers C_1 en C_2 worden op dezelfde wijze berekend. Daarbij merken wij op, dat bij de versterkers C_1 en C_2 de brom sterker is dan de ruisch, in tegenstelling tot de versterkers A en B. Dit moet worden toegeschreven aan het feit, dat de gloeidraden der versterkers C_1 en C_2 met wisselstroom, die der versterkers A en B met gelijkstroom gevoed worden. In het voor het optreden van storende bijgeluiden meest ongunstige geval, nl. wanneer bij een zachte spreker met geheel geopende potentiometers wordt gewerkt, liggen echter ook de bromniveaus der versterkers C_1 en C_2 wel ruim zóó laag, dat het uiteindelijk bromniveau achter deze versterkers, dat voornamelijk van de versterker A afkomstig is, hierdoor practisch niet verhoogd wordt.

Tenslotte zien wij, dat de gemiddelde spraakintensiteit van de zachtste spreker aan het einde der installatie op + 24 db ligt ten opzichte van het maximale ruischniveau, dat voornamelijk van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

de versterkers A afkomstig is. Zoodra harder in de microfoon gesproken wordt, is natuurlijk de verhouding tusschen ruisch en geluidsintensiteit nog gunstiger.

Wij zullen thans nader ingaan op de constructie van de verschillende soorten versterkers, welke voor deze installatie werden gebruikt.

Deze versterkers zijn in twee groepen te verdeelen, nl.:

1) De vóórversterkers: versterkers A en B.
2) De eindversterkers, waartoe behooren:
   de scheidingsversterkers C_1,
   de krachtversterkers C_2 en
   de monitorversterkers C_3.

De vóórversterkers A en B

Van zeer veel belang is de kwaliteit van de eerste versterker A, wiens ruischniveau zoo laag

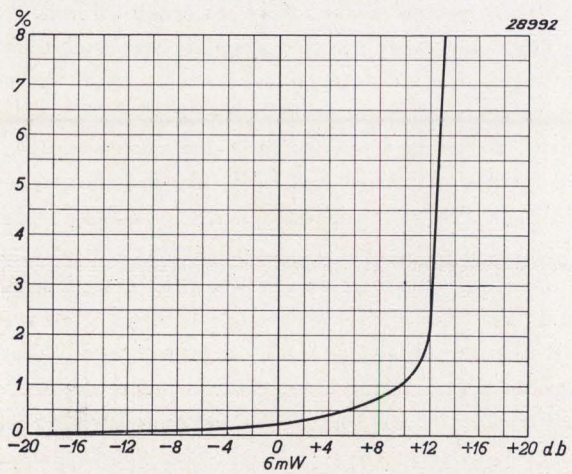


Fig. 8. Vervormingskarakteristiek der versterkers A en B.

mogelijk moet zijn, terwijl alle intensiteitsvariaties onvervormd moeten worden weergegeven. In *fig. 8* is te zien, dat de versterker A hieraan ruimschoots voldoet. Bij een output van + 10 db boven 6 mW treedt eerst een distorsie van 1% op, terwijl te verwachten is, dat de intensiteit in de pieken niet hooger dan tot ongeveer 6 mW oploopt. Het ruischniveau van — 85 db ten opzichte van 6 mW aan de uitgang ligt slechts weinig hooger dan het ruischniveau, hetwelk men theoretisch mag verwachten tengevolge van de aanwezigheid van de weerstand in de roosterkring van de eerste versterkerlamp.

De versterkers A en B bestaan uit twee versterkertrappen met tegenkoppeling. Deze tegenkoppeling is aangebracht teneinde de vervorming over een ruim gebied zeer laag te houden en bovendien in de versterker B om de karakteristiek van de versterker op eenvoudige wijze zóó te kunnen wijzigen, dat daardoor het afnemen van de gevoeligheid van de microfoon voor hooge tonen wordt gecompenseerd.

In *fig. 9* geeft lijn a de frequentiekarakteristiek

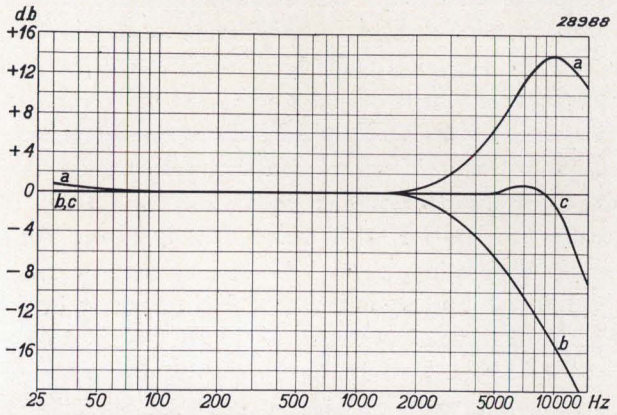


Fig. 9. Frequentiekarakteristiek van versterker B gecombineerd met frequentiekarakteristiek van de bandmicrofoon.
a = frequentiekarakteristiek van versterker B,
b = „ „ bandmicrofoon,
c = „ „ beide tezamen.

van de versterker B. Lijn b is de karakteristiek van de microfoon. De combinatie van a en b geeft lijn c, welke dus de totale frequentiekarakteristiek van de microfoon met de versterkers A en B voorstelt, aangezien de frequentiekarakteristiek van de versterker A recht is.

De versterkers C_2, C_1 en C_3

De krachtversterker C_2 bestaat uit twee weerstandgekoppelde balanstrappen met tegenkoppeling, waardoor bereikt is, dat de frequentiekarakteristiek recht is van 30 tot 10 000 Hz. De niet-lineaire vervorming is ook zeer gering (zie *fig. 10*). Tot het maximale uitgangsvermogen van 25 W is de vervorming voor alle frequenties van 65 tot 4000 Hz kleiner dan 1,3%. Deze versterkers zijn evenals de versterkers A en B in paneelvorm uitgevoerd (*fig. 11*).

De scheidingsversterker C_1 bestaat uit een eenvoudige ééntrapsversterker met volumeregelaar en kan aan de lijn een niveau van 10 db boven 6 mW afgeven met minder dan 1% vervorming. Hiervan

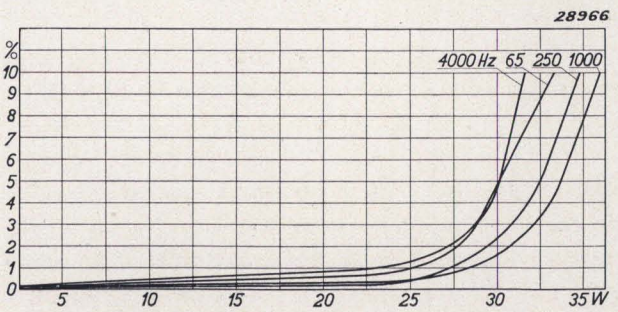


Fig. 10 Vervormingskarakteristiek van versterker C_2 bij verschillende frequenties.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

zijn er telkens drie op één paneel gemonteerd. De monitorversterker C_3 is van hetzelfde type als de krachtversterker C_2, doch van geringer vermogen.

Fig. 11. Versterker C_2.

De plaatspanningsapparaten van alle versterkers, behalve van de monitorversterker C_3, zijn geheel gescheiden gehouden van het versterkergedeelte teneinde te voorkomen, dat de krachttransformatoren en afvlaksmoorspoelen brommen van de versterkers zouden veroorzaken.

Signaleering

Het zal duidelijk zijn, dat bij de uitgebreidheid der installatie een overzichtelijk signaleeringssysteem onontbeerlijk is om verkeerde schakelmanipulaties op de verschillende van elkaar verwijderde bedieningsplaatsen te voorkomen. De plaatsen, waar behalve in de versterkercentrale schakelhandelingen door verschillende personen worden verricht, zijn: de postes de régie, de reportagecabines en de studio van de Volkenbondszenders.

Het vereenvoudigde schema der signaleering (*fig. 12*) verduidelijkt het leidend beginsel, volgens hetwelk deze signaleering is ingericht. Er is slechts van twee signalen gebruik gemaakt, van een wit (L_1) en een rood (L_2). Het witte signaallicht is het voorbereidende signaal, het roode geeft aan, dat alle handelingen, welke noodig zijn voor het tot stand brengen der transmissie verricht zijn. Onjuiste schakelmanipulaties worden bovendien door intermitteerend rood licht (L_3) verraden.

Wanneer bijv. een microfoon in werking moet worden gezet, dan moet de operateur op de poste de régie de sleutel K omleggen. Wij zien in fig. 12, dat dan de witte lampen in de centrale en op de poste de régie gaan branden. Dit is per kanaal uitgevoerd, zoodat in de centrale direct geconstateerd kan worden, welke microfoons zullen worden gebruikt. Tevens is dit het signaal voor het personeel in de centrale om met de voorbereidingen der uitzending aan te vangen.

De gewenschte doorverbindingen op de uitgaande lijnen worden gemaakt door middel van de snoeren en klinken op de centrale bedieningstafel. Alle snoeren, welke met de uitgangen der versterkers C_1 zijn verbonden, bezitten een derde ader (+), terwijl de klinken der uitgaande lijnen, waarvoor een signaleering noodig is, voorzien zijn van hulpcontacten, waarover de signaalhulpstroomen worden gevoerd. Beschouwen wij bijv. een lijn naar de studio, dan zien we op fig. 12, dat, wanneer de stop van een snoer in de klink wordt gestoken, in de studio een witte lamp gaat branden, doordat het relais C zijn anker aantrekt en de contacten c sluit. Deze lamp geeft aan, uit welke zaal de uitzending geschiedt. Wanneer het personeel in de studio, naar aanleiding van dit witte signaal, de lijn met de zender heeft verbonden (waarbij een contact V gesloten wordt) en de volumeregelaar heeft opengedraaid, wordt de sleutel S_1 omgelegd, waardoor nu het relais F bekrachtigd wordt, zoodat de contacten f sluiten en de roode lamp L_2 bij de klink in de centrale gaat branden. Duidelijk is te zien, dat dit signaal niet eerder kan worden gegeven, dan nadat alle zoojuist genoemde handelingen (sluiten van V en S_1) in de studio verricht zijn. Heeft men zich in de centrale van de toestand op de uitgaande lijnen vergewist, dan worden op het mengpaneel de betreffende kanaalpotentiometers en de hoofdvolumeregelaar opengedraaid. Deze potentiometers bezitten mechanisch met de as gekoppelde contacten (*3* en *4* in fig. 12), welke gesloten worden, zoodra de potentiometer uit de nulstand wordt gedraaid. Wordt hierna sleutel S omgelegd, dan gaan de roode lampen L_2, behoorende bij de in gebruik zijnde kanalen op de poste de régie (en parallel daarmee op het mengpaneel), branden. De operateur van de poste de régie weet nu, dat men in de centrale gereed is voor de verzorging der uitzending en kan dus gerust de microfoons in bedrijf zetten. Dit laatste geschiedt, zooals boven reeds werd opgemerkt, door het geheel opendraaien van de microfoonpotentiometers. Ook deze bezitten met de as gekoppelde hulpcontacten (*1* en *2* in fig. 12), welke echter eerst in werking treden, wanneer de potentiometer geheel in de uiterste stand is gedraaid. Op dat moment wordt *1* geopend en *2* gesloten. Hierdoor worden de witte lampen L_1 gedoofd, zoodat men in de centrale direct constateert, welke microfoon werd ingeschakeld, terwijl tevens bij de microfoon een roode lamp L_2 gaat

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

branden, waardoor nu ook uiteindelijk de spreker kan zien, dat zijn microfoon in bedrijf staat.

Uit de figuur blijkt ook, hoe in de centrale bemerkt kan worden, dat bijv. in de studio een fout is gemaakt. In zulk een geval brandt de roode lamp niet bij de betreffende klink, omdat het relais F niet heeft aangetrokken en derhalve de contacten f niet gesloten zijn. Wordt niettemin de sleutel S tóch omgelegd, dan zorgt een intermitteerend licht van de roode controlelamp L_3 er voor, dat men in de centrale aan het bestaan van een storing op één der lijnen wordt herinnerd. In deze gevallen valt het relais H af, daar het relais E wèl heeft sterkte van elk der in de zaal opgestelde luidsprekers kan afzonderlijk worden geregeld met schakelaars, welke op de poste de régie zijn aangebracht (vgl. fig. 3). Daar de gewenschte geluidssterkte afhankelijk is van het aantal in de zaal gezeten personen en bij de poste de régie deze geluidssterkte uiteraard niet voor de geheele zaal kan worden beoordeeld, zijn op vier punten in de enorme zaal contrôleplaatsen ingericht, van waaruit men langs electrische weg aan den operateur bij de poste de régie kenbaar kan maken, of de geluidssterkte grooter of kleiner moet worden gemaakt. Op de poste de régie is boven elke sterkteregelaar een neonindicatorlamp

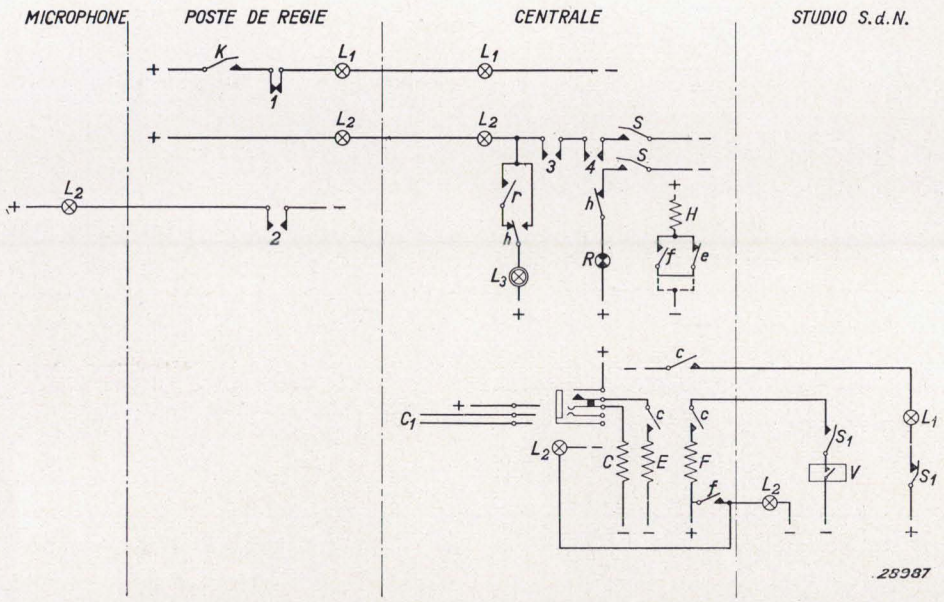


Fig. 12. Vereenvoudigd schema der signaleering, waarbij alle relaiscontacten in stroomlooze toestand zijn geteekend.
L_1 witte lampen, L_2 roode lampen, L_3 roode contrôlelamp,
K sleutel op de poste de régie, S sleutel op het mengpaneel in de centrale,
S_1 sleutel op het doorverbindingspaneel in de studio,
1 en 2 zijn contacten op potentiometers van poste de régie,
3 en 4 zijn contacten op potentiometers van mengpaneel in de centrale,
V contact op doorverbindingsklink in de studio, R relaisonderbreker met bijbehoorend contact r,
C, E, F en H zijn relais met bijbehoorende contacten c, e, f en h.

aangetrokken, zoodat het rustcontact e is geopend, terwijl het daaraan parallel gelegen contact f ook is geopend. Een rustcontact h schakelt een relaisonderbreker R in, waardoor het contact r de stroomkring van de contrôlelamp L_3 regelmatig onderbreekt. Voor de verbindingslijnen met de reportagemengkasten is een soortgelijke schakeling gebruikt.

Een bijzonder signaleersysteem is nog aangebracht in de „Salle des Assemblées" ten dienste van de regeling der geluidssterkte van de luidsprekers voor acoustiekverbetering. De geluidsaangebracht. (Op fig. 3 zijn deze neonindicatoren in een poste de régie van de „Salle des Assemblées" te zien in de achteroverhellende metalen houders, welke boven de bovenste rij knoppen zijn aangebracht.) Bij elke contrôleplaats in de zaal is in de wand een schakelknop bevestigd, welke drie standen heeft. Daarmede worden serieweerstanden vóór de neonbuis geschakeld op zoodanige wijze, dat de lengte van de lichtstreep correspondeerend met de drie standen van de schakelaar resp. kort, gemiddeld en lang kan worden gemaakt, ten teeken, dat het geluid in de zaal resp. te zacht, goed of te hard is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

PRODUCTIE EN TOEPASSING VAN NEUTRONEN

door F. A. HEIJN. 539.185

De in 1932 door Chadwick ontdekte ongeladen materiedeeltjes met vrijwel dezelfde massa als een waterstofatoom, de neutronen, zijn niet alleen voor de wetenschap, maar ook voor verschillende practische toepassingen van groot belang, bijv. op scheikundig en biologisch, en zelfs op medisch gebied. Voor de productie van neutronen kan men zg. kernreacties gebruiken, waarbij bepaalde elementen beschoten worden met, bijv. van radium afkomstige, α-deeltjes, of met versnelde deutonen, dat zijn in een kanaalstralenbuis opgewekte en meestal met behulp van hooge spanningen versnelde ionen van zware waterstof. De voor het verkrijgen van snelle deutonen benoodigde apparatuur wordt in dit artikel uitvoerig beschreven. Met een dergelijke neutronengenerator voor 600 kV wordt een hoeveelheid van $6 \cdot 10^9$ neutronen per seconde verkregen; bij gebruik van natuurlijke α-deeltjes in plaats van deutonen zou voor dezelfde opbrengst aan neutronen een hoeveelheid van 300 gr radium noodig zijn.

Het is nog niet zoo lang geleden (1932), dat door Chadwick de elementaire materiedeeltjes werden ontdekt, die hij „neutronen" noemde en die zich in ons wereldbeeld als nieuwe bouwsteenen van de materie naast de reeds langer bekende electronen en protonen kwamen voegen. In de weinige jaren, die sindsdien zijn verloopen, zijn reeds talrijke onderzoekingen verricht, die onze kennis van de eigenschappen dezer deeltjes hebben vergroot. Tevens heeft de techniek van het produceeren van neutronen een hooge vlucht genomen, vooral nadat al spoedig gebleken was, dat men met neutronen ook practisch iets beginnen kan.

Men achtte de ontdekking van het neutron van zoo groot belang, dat Chadwick daarvoor de Nobel-prijs werd toegekend. Feitelijk was hij niet de eerste, die het optreden van neutronen waarnam: reeds tevoren hadden Duitsche physici opgemerkt, dat beryllium, wanneer het beschoten werd met α-deeltjes (de door radioactieve stoffen geëmitteerde heliumkernen), een straling van zeer groot doordringingsvermogen uitzendt, die door de ionisatie, welke zij onder bepaalde omstandigheden veroorzaakt, kan worden aangetoond. Zij meenden met γ-straling (extreem harde röntgenstralen) te doen te hebben. Ook elders werd deze straling onderzocht, maar eerst Chadwick kon aantoonen, dat hier geen sprake was van γ-stralen, maar dat het beryllium, gebombardeerd met α-deeltjes, ongeladen materie-deeltjes uitzendt met een massa ongeveer gelijk aan die van het proton, d.i. de kern van het waterstofatoom. Deze ongeladen deeltjes werden neutronen genoemd. Het bleek alras, dat zij een zeer belangrijke rol spelen in de bouw der atoomkernen [1]).

[1]) Vgl. bijv.: W. de Groot, Kernphysica, Philips techn. T. **2**, 97, 1937.

Grondslagen van de productie van neutronen

Volgens de huidige opvattingen zijn de atoomkernen samengesteld uit neutronen en protonen. Willen we vrije neutronen verkrijgen, dan is het ook uit de atoomkernen, dat we ze moeten halen. Dit kan geschieden door de kernen te bombardeeren met snelle deeltjes, bijv. de reeds genoemde α-deeltjes. Er treden dan zg. kernreacties op, waarbij in sommige gevallen neutronen uit de kern worden vrijgemaakt. Bij de proef bijv., die Chadwick aanleiding gaf tot zijn ontdekking, verliep de kernreactie aldus:

$$\mathrm{Be} + \alpha \rightarrow \mathrm{C} + \mathrm{n}, \quad \cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

hetgeen in woorden wil zeggen, dat een berylliumkern, die getroffen wordt door een α-deeltje (α), overgaat in een koolstofkern [2]) onder emissie van een neutron (n). Practisch wordt deze reactie tot stand gebracht eenvoudig door berylliumpoeder met een stof te vermengen, die α-deeltjes emitteert, bijv. radium of radium-emanatie. Het mengsel zendt dan naar alle kanten neutronen uit.

Het rendement van de reactie (1) is niet hoog. Beschieten we het beryllium met de α-deeltjes, die 1 mg radium levert, dat zijn $1{,}5 \cdot 10^8$ α-deeltjes per sec, dan verkrijgen we ongeveer $2 \cdot 10^4$ neutronen per sec. Dus slechts één op ongeveer zeven duizend α-deeltjes geeft een neutron. Bij andere stoffen, beschoten met α-deeltjes, vinden we een nog lager rendement. Beschikt men bijv. over 100 mg radium, dan kan men op deze wijze $2 \cdot 10^6$ neutronen per seconde maken.

Deze hoeveelheid neutronen is voor de verderop te vermelden toepassingen meestal onvoldoende.

[2]) We geven de reacties hier in een globale vorm. Houdt men rekening met de atoomgewichten, dan ziet men, dat de nieuw gevormde atomen veelal in de natuur vrij zeldzame isotopen zijn.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Men zou dus meer radium (dwz. meer α-deeltjes per sec) moeten hebben. Nog afgezien van de zeer hooge prijs, is echter de wereldvoorraad aan gezuiverd radium beperkt, zoodat de onderzoeker in het algemeen geen grootere hoeveelheid dan de bovengenoemde (100 mg) ter beschikking zal hebben.

Gelukkig zijn nu nog andere kernreacties bekend, waarbij neutronen vrijkomen, en wel in de eerste plaats reacties, waarbij „deutonen", dit zijn kernen van het zware waterstof (het isotoop met atoomgewicht 2 van het normale waterstof, aangeduid met D, als afkorting van „deuterium"; d is de afkorting voor deuton), als projectielen worden gebruikt. Terwijl ons de snelle α-deeltjes door de natuur geleverd worden in de vorm van de radiumstralen, moeten we de voor het bombardement benoodigde snelle deutonen zelf voortbrengen:

In een ontladingsbuis, gevuld met zware waterstof, worden ionen gemaakt; deze ionen, dit zijn de gewenschte deutonen, worden dan met behulp van hooge spanningen of op andere wijze versneld. Deze techniek is veel ingewikkelder dan die bij de reactie (1) te pas kwam, maar de resultaten zijn dan ook veel beter. Weliswaar is het rendement van de reacties met deutonen lager dan van die met α-deeltjes; het aantal projectielen is echter veel grooter te maken, zoodat we tenslotte toch veel meer neutronen krijgen. Wordt bijv. lithium met deutonen gebombardeerd, waarbij de reactie optreedt:

$$\mathrm{Li} + \mathrm{d} \rightarrow 2\ \mathrm{He} + \mathrm{n}, \quad \cdots\cdots \quad (2)$$

dan bedraagt het rendement (bij een versnellende spanning van 600 kV) $3 \cdot 10^{-6}$; dwz. slechts één op de $3 \cdot 10^5$ deutonen geeft een neutron. Levert ons apparaat nu echter een aantal deutonen overeenkomende met een stroomsterkte van 1 mA, dwz. $6{,}3 \cdot 10^{15}$ deutonen per sec, dan krijgen we $2 \cdot 10^{10}$ neutronen per sec, dus veel meer dan met de α-deeltjes van 100 mg radium te bereiken is. De hierbij aangenomen spanning en stroomsterkte zijn practisch zeer wel te verwezenlijken.

Andere in aanmerking komende kernreacties zijn:

$$\mathrm{D} + \mathrm{d} \rightarrow \mathrm{He} + \mathrm{n} \quad \cdots\cdots \quad (3)$$

en

$$\mathrm{Be} + \mathrm{d} \rightarrow \mathrm{B} + \mathrm{n}, \quad \cdots\cdots \quad (4)$$

waarbij dus het zware waterstof zelf, resp. het beryllium, met deutonen beschoten wordt. Niet alleen zijn met deze reacties aanzienlijke hoeveelheden neutronen per sec te maken, maar de hier geproduceerde neutronen hebben in het algemeen ook een grootere energie, dan die bij de reactie (1) ontstaan. Voor vele toepassingen is dit van groot belang.

In het Philips laboratorium wordt dan ook voor het produceeren van neutronen het bombardement met snelle deutonen toegepast, waarbij de reeds eerder beschreven hoogspanningsgeneratoren [3]) uitstekende diensten bewijzen. We zullen hier eenige van de ontwikkelde neutronengeneratoren beschrijven.

Neutronengenerator voor 300 kV

Het hoofdelement van de neutronengenerator, nl. de buis waarin de deutonen geproduceerd en versneld worden, is in principe niet anders dan een kanaalstralenbuis. In *fig. 1* is een dergelijke buis

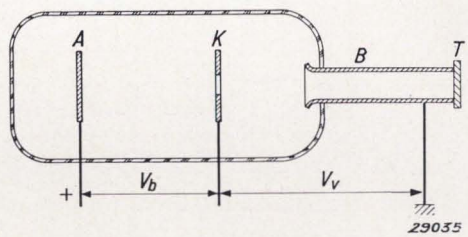


Fig. 1. Schema van een kanaalstralenbuis. Door een ontlading tusschen K en A worden ionen geproduceerd, die door een kanaal in de kathode K naar buiten treden en door de spanning V_v tusschen K en B versneld worden. Bij T kan men de ionen een vangschijfje laten treffen.

schematisch weergegeven. De buis is met een gas (in ons geval zware waterstof) van lage druk gevuld. Tusschen de kathode K en de anode A vindt een ontlading plaats, waarbij ionen ontstaan, die zich naar de kathode bewegen. Een gedeelte van deze ionen treedt door een gat in de kathode K in het rechter gedeelte van de buis en wordt hier door de spanning V_v tusschen K en B versneld. De versnelde ionen komen in de cylinder B. Wil men neutronen produceeren, dan laat men de ionen aan het uiteinde van B op een vangschijfje T (veelal naar het Engelsch *target* genoemd) van geschikt materiaal vallen. Voor het gemak van de onderzoeker wordt de buis aan dit uiteinde geaard. De ontlading in de ruimte tusschen K en A, die we de ionenbron willen noemen, kan onderhouden worden door thermische electronenemissie van K, of het kan een gewone glimontlading zijn, waarvoor dan een voldoend hooge spanning V_b tusschen A en K noodig is en een niet al te lage gasdruk [4]). Deze laatste methode is in ons geval toegepast.

Om een dergelijke kanaalstralenbuis met een

[3]) Zie bijv.: A. Bouwers en A. Kuntke, Z. techn. Phys. **18**, 209, 1937. Vgl. ook Philips techn. T. **1**, 6, 1936 en **2**, 161, 1937.

[4]) Tenminste als men afziet van speciale hulpmiddelen, zooals het gebruik van een magneetveld; F. M. Penning und J. H. A. Moubis: Physica **4**, 1190, 1937; vgl. ook: Ned. T. Natuurk. **5**, 102, 1938.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

behoorlijk rendement voor de productie van neutronen te kunnen gebruiken, is een zeer hooge versnellingsspanning V_v noodig en een groote stroomsterkte van de ionenbundel. Met het oog hierop is de buis geconstrueerd, die in *fig. 2* is weergegeven [5]). Voor de versnellingsspanning was een waarde van 300 kV vastgesteld. Hiervoor is een zekere isolatielengte van de buis noodig, om overslag door de lucht langs de buitenwand te vermijden. Aan de andere kant moet echter ook doorslag en het ontstaan van een ontlading in de versnellingsbuis vermeden worden, daar dit immers

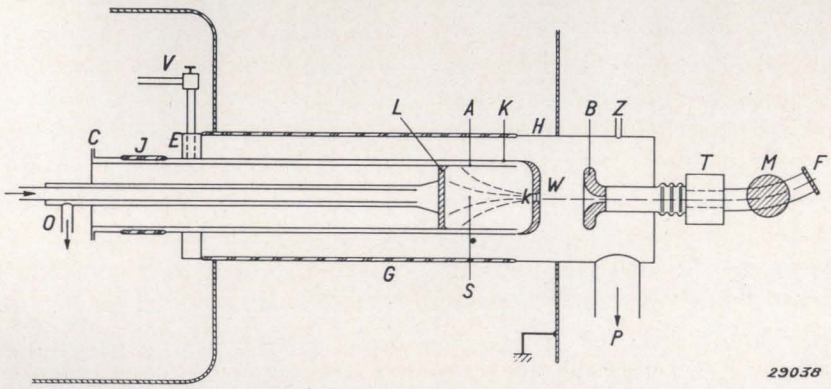


Fig. 2. Doorsnede van de uitgevoerde buis. S ontladingsruimte van de ionenbron. A en K electroden. L gekoeld schot; bij O toe- en afvoer van koelwater (of olie). J glascylinder, die als isolatie aan de flenzen C en E van de electroden A en K gelascht is. V naaldventiel. G versnellingsbuis. De ionen treden door het kanaal k naar buiten en worden versneld in de versnellingsruimte W tusschen de electroden K en B. H geaarde metalen cylinder. Bij P wordt afgepompt, bij Z is een manometer aangesloten. T kraan. M magneetveld. Bij F wordt een Faraday-kooi aangesloten, of er wordt na verwijderen van het magneetveld een vangschijfje aan het uiteinde der buis geplaatst.

een ineenstorten van de hooge spanning zou beteekenen. Dit is mogelijk door de gasdruk in de ruimte tusschen K en B zeer laag te maken en de afstand tusschen K en B klein te kiezen. Aan de lage gasdruk beantwoordt nl. een groote vrije weglengte λ van de electronen, die door botsing van ionen op de electrode B vrijgemaakt worden. Deze electronen zullen, als hun weg van B naar K veel kleiner is dan λ, geen noemenswaardige ionisatie opwekken, dwz. er zal dan geen doorslag optreden. De twee eischen: groote isolatielengte in de lucht, kleine afstand in het vacuum, leidden tot de constructie, die in fig. 2 is te zien: De ionenbron S is in de versnellingsbuis G geplaatst.

Ionenbron

Het is van belang de ontlading in de ionenbron zoodanig te doen plaatsvinden, dat zooveel mogelijk ionen de kans krijgen door het kanaal k te gaan, dwz. de ontlading moet in de nabijheid van k tronen. De isolatie tusschen de electroden A en K wordt gevormd door de glazen cylinder J, die door luchtdichte chroomijzer-glasverbindingen verbonden is met de flenzen C en E.

Bij een spanning van 50 kV en een stroomsterkte van 40 mA wordt in de ionenbron een vermogen van 2 kW omgezet. De hierdoor ontwikkelde warmte maakt een goede koeling noodzakelijk. De electrode K dissipeert haar warmte door straling; het schot L in de electrode A wordt met stroomend water gekoeld, dat bij O toe- en afgevoerd wordt. Daar A op hoogspanning staat, is een gesloten koelwateromloop met geïsoleerd opgestelde koelpomp noodig. Wil men de geïsoleerde pompinstallatie vermijden, dan kan men ook met olie koelen, dat door glazen buizen aan de apparatuur wordt toegevoerd (op de foto fig. 7 geheel links te zien).

De electrode K heeft een krachtig bombardement van ionen te verduren en is daarom vervaardigd van aluminium, dat betrekkelijk weinig verstuift en ook een goed warmtegeleidingsvermogen bezit. De electrode A en het schot L bestaan uit koper, dat verchroomd is, aangezien een koperoppervlak te

[5]) De buis is een gewijzigde uitvoering van een type, dat voor het eerst door Oliphant en Rutherford werd aangegeven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

gemakkelijk aanleiding geeft tot een boogontlading.

Het kanaal k heeft een lengte van 5 mm en een diameter van 3 mm. Hoe grooter de diameter, hoe grooter het percentage van de ionen, dat in de versnellingsbuis kan komen. Bij de dimensioneering van het kanaal moet men echter rekening houden met de gasdruk. Zooals reeds vermeld werd, moet de gasdruk in de versnellingsbuis zéér laag zijn (van de orde van $5 \cdot 10^{-4}$ mm kwikdruk). De druk in de ionenbron mag echter niet te laag zijn, omdat anders de spanning, noodig om een ontlading te krijgen, te hoog zou worden. Wij moeten dus een zeker drukverschil tusschen ionenbron en versnellingsbuis in stand houden, hetgeen gebeurt door via P zeer snel te pompen. De pompsnelheid van de gebruikte pomp (een olie-diffusiepomp met een snelheid van 20 liter per seconde) bepaalt derhalve de toelaatbare afmetingen van het kanaal.

Om het voortdurend afgepompte gas te vervangen wordt steeds nieuwe waterstof toegevoerd door een kanaal in de flens E. De druk in S kan geregeld worden, terwijl de buis onder spanning staat, door middel van een naaldventiel V, dat bediend wordt via een as van isoleerend materiaal. Deze regeling is zeer belangrijk, daar de hoeveelheid ionen, die van de ionenbron in de versnellingsbuis komt, sterk afhangt van de druk.

Versnelling der ionen

De versnelling van de ionen heeft plaats in de versnellingsruimte W tusschen K en B (afstand 5 cm). Deze vormt een deel van de buis G, die 80 cm lang en 20 cm wijd is, en die van glas of kunsthars („Philite") zijn kan. Bij dit laatste materiaal is de kans op breken of doorslaan veel geringer, terwijl het zoowel uit een oogpunt van vacuum als van hoogspanning uitstekend voldoet. De electrode B is weer van verchroomd koper en heeft een zoodanige vorm, dat de veldsterkte aan zijn oppervlak zoo laag mogelijk is, teneinde koude emissie van electronen te vermijden. De breede rand van B zorgt voor een dusdanig verloop van het veld tusschen K en B, dat de electronen, die door het bombardement van ionen in de nabijheid van de opening in B ontstaan, de versnellingsruimte W niet kunnen verlaten. Dit is een belangrijk punt voor het goed functionneeren van de buis, daar anders de vrijgekomen, buiten W vagebondeerende electronen hier groote afstanden kunnen afleggen en ook secundaire electronen kunnen opwekken. De met een en ander gepaard gaande groote ionisatie zou tenslotte doorslag kunnen veroorzaken. Om dezelfde reden, dwz. voor het onschadelijk maken der vagebondeerende electronen, grijpt ook de metalen cylinder H nog een stuk over het eigenlijke versnellingsgedeelte W heen. Het gedeelte van K rondom de uitgang van het kanaal is concaaf gemaakt om een concentratie van de ionenbundel te verkrijgen.

Na de versnelling passeert de ionenbundel een kraan T, vervolgens een magneetveld M, en wordt dan bij F opgevangen. Wil men de verkregen stroomsterkte van de ionenbundel meten, dan sluit men bij F een Faraday-kooi aan (deze moet met water gekoeld worden). Voor het produceeren van neutronen wordt, na verwijderen van het magneetveld, hier het reeds genoemde vangschijfje aangebracht, bijv. een plaatje lithium, dat onder het bombardement van de ionen van het zware waterstof naar alle kanten neutronen uitzendt (reactie (2)). Deze treden door de wanden der buis naar buiten, daar zij hierin vrijwel niet geabsorbeerd worden. Met behulp van de kraan T wordt het hoofdgedeelte van de buis afgesloten, wanneer men het vangschijfje wil verwisselen.

Het magneetveld M dient om de opbrengst van de buis aan nuttige projectielen te bepalen, dwz. om de ionen van het zware waterstof te scheiden van andere aanwezige ionen (van gasverontreinigingen) en tevens om de ionen van het zware-waterstofmolecuul (D_2^+) en het zware-waterstofatoom (D_1^+; in de reactievergelijkingen hebben we hiervoor, het normale gebruik volgend, d geschreven) te kunnen scheiden. Deze worden nl. tengevolge van hun verschillende massa in het magneetveld in verschillende mate afgebogen. *Fig. 3* geeft het voor ons belangrijke gedeelte van het magnetisch „spectrum" van de ionenbundel. De tweede en derde top beantwoorden resp. aan de atoomionen en molecuulionen, terwijl de eerste (D_{2-1}^+) toe te schrij-

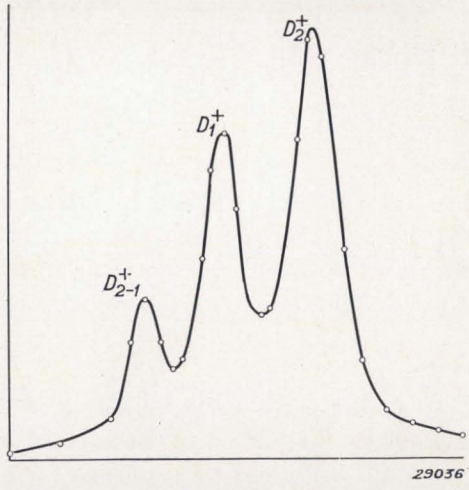


Fig. 3. Gedeelte van het magnetische „spectrum" der ionen in de ionenbundel. Horizontaal is de afbuiging in het magneetveld uitgezet, loodrecht de ionenintensiteit. Voor de neutronenproductie zorgen vooral de ionen D_1^+, (deutonen d) in de middelste top, daar deze de grootste snelheid bezitten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

ven is aan deeltjes, die in de ruimte tusschen B en M gedissocieerd zijn, die dus nog als molecuulionen versneld werden, dan echter werden afgebogen als atoomionen. De tweede top in het spectrum is lager dan de derde, dwz. het aantal atoomionen is kleiner dan het aantal molecuulionen, hetgeen men kan verwachten, daar in de ionenbron bij de productie van de deutonen (D_1^+) het ontstaan van molecuulionen (D_2^+) het primaire proces is. Voor de neutronenproductie zijn de ionen van de tweede top het meest werkzaam, daar hun snelheid het grootst is.

De totale stroomsterkte van de ionenbundel bedroeg bij deze buis maximaal 1,5 mA. Hierbij was, zooals reeds vermeld, de bronspanning 50 kV en de bronstroom ongeveer 40 mA, terwijl de versnellingsspanning tusschen 250 en 300 kV lag.

De versnellingsspanning wordt geleverd door een hoogspanningsgenerator van een type, dat reeds eerder in dit blad werd beschreven [3]). Het opwekken van de bronspanning van 50 kV is een probleem op zichzelf, daar deze spanning toegevoerd moet worden aan de electroden A en K, die zich reeds op een potentiaal van 300 kV tenopzichte van aarde bevinden. Meestal maakt men daartoe gebruik van een hoog-geïsoleerde transformator of een geïsoleerd opgestelde generator, die door een motor met een isoleerende drijfriem of as wordt aangedreven. Bij de Philips neutronengeneratoren wordt echter een schakeling toegepast, die in principe overeenkomt met de bekende cascade-schakeling van twee trappen. De rechter helft van *fig. 4* geeft het schema. De condensator van de eerste trap der cascade-schakeling is vervangen door twee condensatoren C_1 en C_2 in serie. Dit verandert niets aan het principe en C_3 zal de dubbele transformatorspanning krijgen, evenals bij de gewone cascade-schakeling; C_1 en C_2 zijn echter voor 300 kV geïsoleerd, zoodat bij K en A de desbetreffende electroden van de buis kunnen worden aangesloten. Deze oplossing heeft verschillende voordeelen: zij is zeer economisch, de apparatuur neemt weinig ruimte in, veroorzaakt geen lawaai of trillingen, en maakt een gemakkelijke regeling van de bronspanning mogelijk door de primaire spanning van de transformator te regelen. Om de rimpel op de bronspanning, ook bij stroomsterkten tot 40 mA, klein te houden, zonder dat C_1 en C_2 zeer groot behoefden te worden gemaakt, is een frequentie van 500 per/sec gebruikt. Hiervoor is weliswaar een omvormer van 50 op 500 per/sec noodig, doch deze oplossing is nog economischer dan het gebruik van groote condensatoren voor C_1 en C_2.

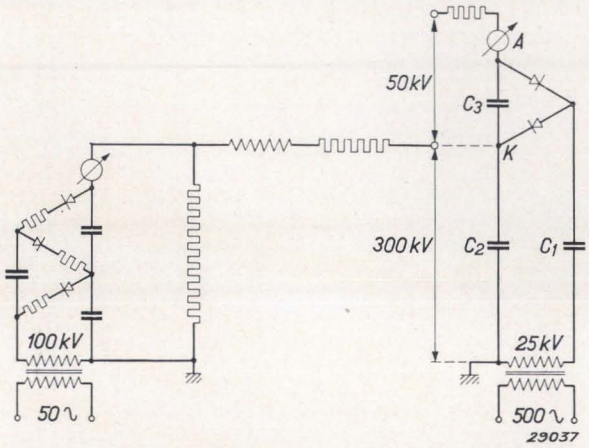


Fig. 4. Hoogspanningsbronnen voor de neutronengenerator. In het linkergedeelte wordt met de bekende cascade-schakeling de versnellingsspanning van 300 kV opgewekt, in het rechtergedeelte de bronspanning van 50 kV, die wordt toegevoerd aan de electroden A en K, welke laatste op een potentiaal van 300 kV ten opzichte van aarde wordt gebracht.

Fig. 5 is een foto van een complete neutronengenerator, die gemaakt werd voor het Laboratoire des Rayons X te Parijs. Het schot, waaruit de schuifdeur is weggenomen, vormt de afscheiding tusschen twee kamers, links de werkkamer, rechts de hoogspanningsruimte. De buis steekt door het schot heen, zoodat de neutronen op het geaarde vangschijfje in de werkkamer geproduceerd worden. Daar bevindt zich ook de pompinstallatie, gemonteerd op de linkerhelft van het schot, terwijl ook het hoogspanningsapparaat van daaruit wordt bediend.

Wanneer de neutronen volgens de reactie (2) gemaakt worden, is de opbrengst van dit apparaat $2 \cdot 10^8$ neutronen per sec. Om dezelfde hoeveelheid neutronen met de α-deeltjes van radium te maken volgens de reactie (1) zou men 10 gr radium noodig hebben, ter waarde van $^1/_2$ millioen gulden.

Neutronengenerator voor 600 kV

Daar de verkregen neutronenintensiteit van het apparaat van 300 kV wel voor vele physische experimenten voldoende is, maar niet voor biologische en medische toepassingen, werd bovendien een installatie voor 600 kV ontworpen. Hiertoe is aan het geaarde uiteinde van de buis in fig. 2 een tweede buis aangesloten, waarin de ionen nogmaals versneld worden met een spanning van 300 kV, negatief ten opzichte van aarde. Op deze wijze komt weliswaar het vangschijfje, dat aan het uiteinde van de tweede buis wordt geplaatst, op hoogspanning. Dit is echter voor de meeste toepassingen niet bezwaarlijk, terwijl een uitvoering met geaard vangschijfje, waarbij men dus een spanning van 600 kV tegen aarde moet opwekken, vele malen duurder zou worden. In *fig. 6* is de opstelling schematisch geteekend. Het linkergedeelte is in hoofdzaak gelijk aan de beschreven buis voor 300 kV. De twee electroden

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Q en R van de tweede versnellingsbuis, waartusschen de ionen voor de tweede maal versneld worden, zijn weer van verschroomd koper. Speciale voorzieningen zijn noodig voor het concentreeren van de ionenbundel op het vangschijfje. Vorm en afstand van Q en R hebben hierop weinig invloed, daar in dat gebied de zware snelle deeltjes slechts weinig afgebogen kunnen worden door eventueele ongeen een goede koeling noodig maakt. Deze wordt met olie bewerkstelligd.

Door verstuiving onder het ionenbombardement vormt zich na eenige tijd een holte in het vangschijfje; ook worden verontreinigingen (ontbindingsproducten van vetdampen) er op afgezet. Met behulp van de tweede flexibele verbinding N kan men dan kraan en vangschijf zoodanig verplaatsen,

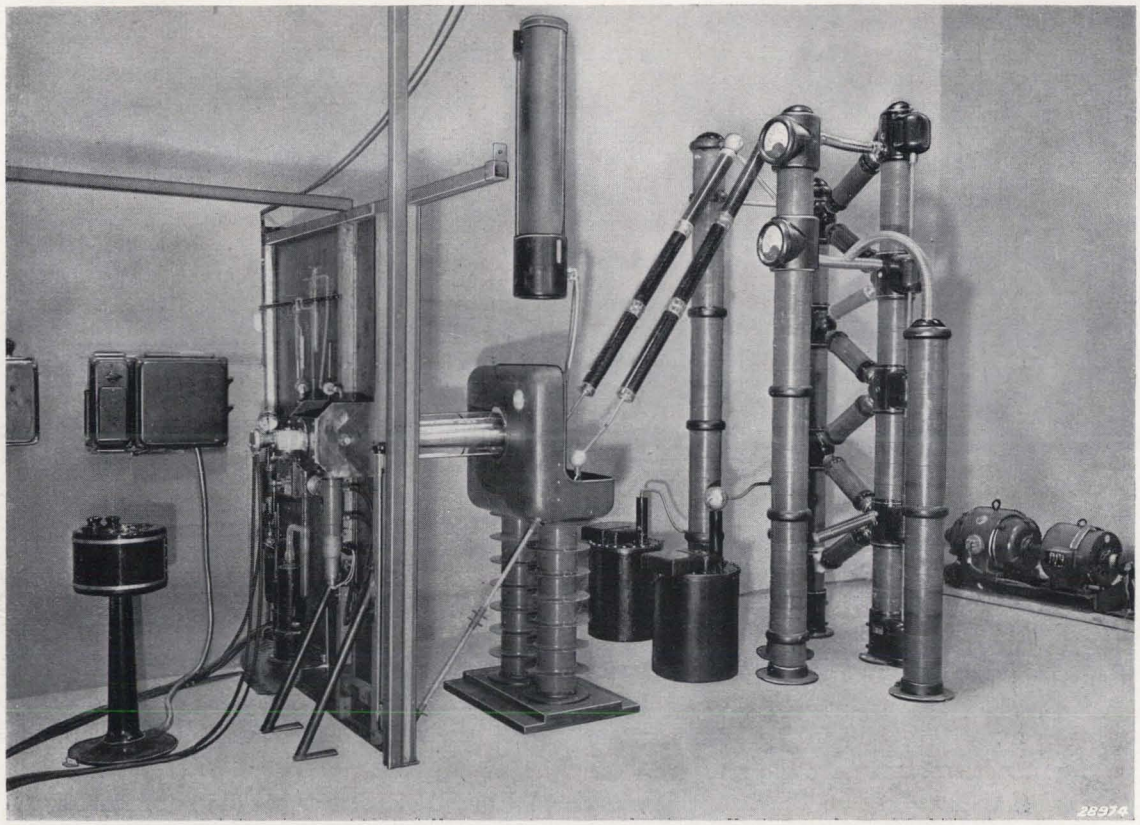


Fig. 5. Foto van een volledige neutronengenerator voor 300 kV gemaakt voor het Laboratoire des Rayons X te Parijs. In de hoogspanningskamer rechts van het tusschenschot (de schuifdeur hierin is weggenomen) staat de kanaalstralenbuis met een hoogspanningsapparaat. Geheel rechts staat de omvormer van 50 op 500 per/sec voor de bronspanning. Boven de buis ziet men de geïsoleerd opgehangen koelpomp. Het uiteinde van de buis steekt door het schot heen in de werkkamer links, waar dus op het geaarde vangschijfje de neutronen worden geproduceerd, en waar alle tijdens het bedrijf noodige bedieningsapparaten zijn opgesteld.

regelmatigheden in het verloop van het veld. Van veel belang is echter de afstand en de vorm van de electroden K en B van de eerste versnellingsbuis, waar de deeltjes nog geringe snelheid hebben. Daar de bundel de eerste versnellingsbuis nooit precies in de asrichting verlaat, is de tweede buis flexibel met de eerste verbonden (door middel van een buigzaam tusschenstuk van tombak) en zoodanig opgehangen (bij D), dat zij in de richting van de bundel geplaatst kan worden en alle ionen op het vangschijfje kunnen komen.

De stroom in de tweede buis bedraagt 0,5 mA maximaal, zoodat bij 600 kV een vermogen van 300 W aan het vangschijfje wordt afgegeven, hetdat de ionenbundel, die een doorsnede van eenige mm² heeft, een andere plaats van het vangschijfje treft.

De opbrengst van de apparatuur voor 600 kV is $6 \cdot 10^9$ neutronen per seconde, bij gebruik van reactie (2). Om dezelfde hoeveelheid neutronen volgens reactie (1) met de α-deeltjes van radium te maken, zou men 300 gr radium noodig hebben!

Fig. 7 geeft een foto van het volledige apparaat voor 600 kV.

Eenige eigenschappen der neutronen

Het gebruik, dat men van neutronen kan maken, wordt natuurlijk geheel bepaald door hun bijzondere

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

eigenschappen, waarvan we er hier eenige willen noemen.

Daar de neutronen ongeladen zijn, kunnen ze met de electronen en atoomkernen der materie niet in electrische wisselwerking treden. Alleen door directe botsing met atoomkernen kunnen de neutronen energie verliezen en kan hun bewegingsrichting veranderd worden. Vandaar, dat hun doordringingsvermogen in de materie zeer groot is, daar juist die krachten, welke electronen en ionen in zoo sterke mate remmen, hier ontbreken.

Er zijn echter enkele bijzondere stoffen, die neutronen sterk absorbeeren en daartoe behooren in de eerste plaats alle waterstofverbindingen, speciaal water en paraffine, waarin het gehalte aan waterstof relatief hoog is. Botst een neutron nl. met een waterstofkern, dan is dat een botsing tusschen twee ongeveer even zware deeltjes en daarbij kan het eene deeltje, het neutron, een groot deel van zijn energie aan het andere, de waterstofkern, afgeven. Het neutron wordt dus sterk verlangzaamd. Daarbij komt nog, dat waterstofkernen, zooals ook vele andere atoomkernen, de eigenschap hebben langzame neutronen aan zich te binden. Het resultaat is een sterke absorptie. Van de andere neutronenabsorbeerende materialen noemen we speciaal cadmium, samarium, europium en gadolinium. Deze absorbeeren vooral de neutronen, wanneer deze eerst met behulp van bijv. water verlangzaamd zijn. De ongeladen neutronen dringen bijzonder gemakkelijk in de kernen van deze elementen binnen en worden door deze kernen blijvend gevangen.

Een andere bijzondere eigenschap der neutronen en practisch misschien wel de belangrijkste is, dat men vrijwel alle elementen van het natuurlijke systeem radioactief kan maken door ze met neutronen te bombardeeren. De activeering gebeurt veelal door een „invang-proces" als in het voorafgaande werd vermeld. De atoomkern, die een neutron heeft gevangen, is nu echter instabiel en valt na eenigen tijd uiteen onder het uitzenden van β-deeltjes, evenals vele der natuurlijke radio-actieve elementen dat doen.

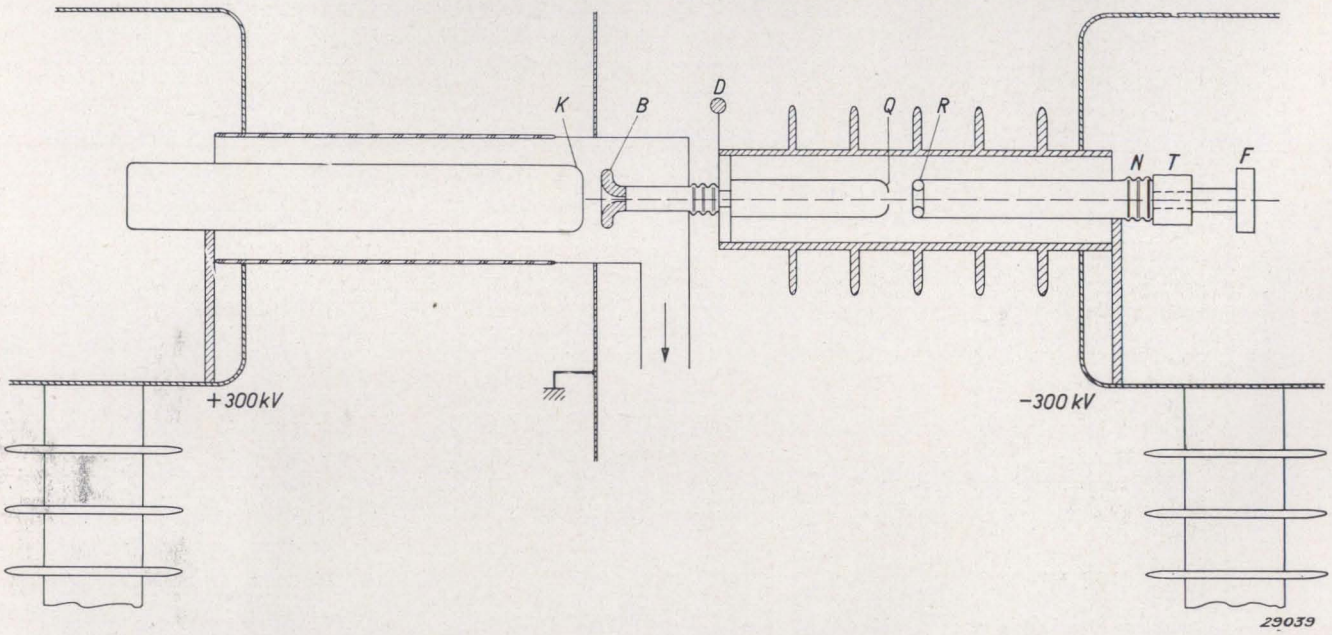


Fig. 6. Kanaalstralenbuis voor 600 kV. Linkergedeelte als in fig. 2. Rechts een tweede versnellingsbuis, waar de reeds versnelde ionen, die het geaarde middenstuk B-Q hebben gepasseerd, tusschen Q en R nogmaals met een spanning van 300 kV worden versneld. Het vangschijfje komt op hoogspanning (—300 kV) tegen aarde. De tweede buis is flexibel met de eerste verbonden en bij D zoodanig opgehangen, dat men het vangschijfje op de ionenbundel kan instellen. Met behulp van de tweede flexibele verbinding N kunnen verschillende punten van het vangschijfje aan het ionenbombardement worden blootgesteld.

Toepassingen

Bij de toepassingen, waarvan we alleen die zullen vermelden, welke reeds in de practijk zijn beproefd, maakt men wel in de eerste plaats gebruik van de door neutronen geïnduceerde kunstmatige radioactiviteit. De hoeveelheid radioactieve stof, die men met neutronen kan maken, is aanzienlijk en bijv. voldoende voor medische toepassing. Vergeleken met de natuurlijke radioactieve stoffen hebben de kunstmatige in medisch opzicht eenige voordeelen. Men kan ze bijv. in de vorm van allerlei verbindingen in het lichaam brengen, wat bij de natuurlijke in het algemeen niet mogelijk is. Immers de natuurlijke radioactieve stoffen vormen

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

reeksen van steeds weer radioactieve ontbindingsproducten van gedeeltelijk groote levensduur, zoodat zij, eenmaal in het lichaam gebracht, daar een permanente bestraling veroorzaken, die allerminst gewenscht is. De kunstmatige radioactieve stoffen echter vormen geen dergelijke reeksen, hun ontbindingsproducten zijn niet meer radioactief. Laat men dus een patiënt bijv. een oplossing van radioactief gemaakt keukenzout drinken, dan is na eenige tijd de straling in zijn lichaam weer geheel verdwenen.

Verder kunnen de radioactief gemaakte elementen worden gebruikt als indicatoren bij chemische en biologische onderzoekingen. In scheikundig opzicht gedragen zij zich namelijk zooals de gewone, niet-radioactieve elementen, terwijl hun aanwezigheid door hun radioactiviteit kan worden aangetoond, een methode, die veel gevoeliger en universeeler is dan de scheikundige methoden. Op het gebied der biologie zijn hiermede reeds belangrijke resultaten bereikt. Zoo is bijv. de verdeeling van de fosforhoudende verbindingen over het lichaam onderzocht door dieren radioactieve fosforverbindingen te doen eten en naderhand na te gaan, welke deelen van het lichaam radioactief waren.

De neutronen zelf zijn vooral voor medische toepassingen belangrijk. Bij proeven in het Philips laboratorium verricht door Dr. den Hoed van het kankerinstituut te Amsterdam, is gebleken, dat de neutronen op organische weefsels een uitwerking hebben analoog aan die van röntgenstralen [6]). Er is echter wel eenig verschil. Terwijl de röntgenstralen hun werking uitoefenen door de ionisatie, die ze in het weefsel te weeg brengen door hun wisselwerking met de daarin aanwezige electronen, veroorzaken de neutronen een ionisatie, doordat zij bij botsingen energie overdragen aan de in het weefsel aanwezige waterstof-atoomkernen, welke dan op hun beurt een ionisatie in het weefsel veroorzaken. In het laatste geval is de ionisatie veel meer plaatselijk, terwijl de ionisatie door röntgenstralen meer homogeen is. Ook is het te verwachten, dat men met neutronen gemakkelijker dieper gelegen deelen zal kunnen bestralen.

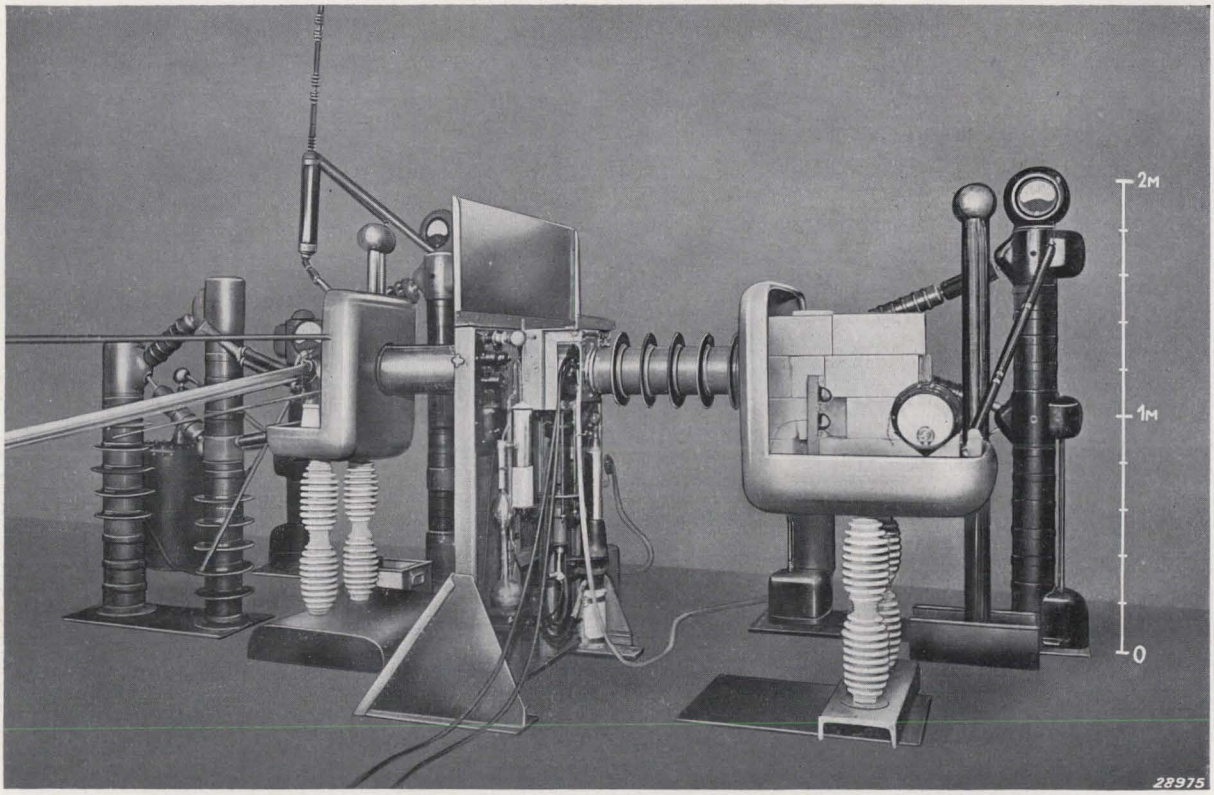


Fig. 7. Foto van de volledige neutronengenerator voor 600 kV. Het schot in het midden, waarop de pompinstallatie is gemonteerd, is geaard. Links daarvan de eerste versnellingsbuis (deze was hier nog van glas), rechts de tweede (van „Philite"). De eigenlijke neutronenbron aan het rechteruiteinde is met een aantal paraffineblokken omgeven ter bescherming van de onderzoeker tegen de neutronen. Geheel links ziet men de bronspanningsgenerator voor 50 kV, terwijl achter het apparaat de twee hoogspanningsgeneratoren, elk voor 300 kV, zichtbaar zijn.

[6]) Hierover is bericht in het 5th int. congr. of radiology, Chicago, 13 - 17 Sept. 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Bij proeven, uitgevoerd in het Philips laboratorium in samenwerking met het Kaiser Wilhelm Institut te Berlijn [7]), waarbij insecten met neutronen werden bestraald, bleek het mogelijk mutaties op te wekken, evenals dit met röngenstralen het geval is. Hier in 't bijzonder traden echter eenige verschillen naar voren als gevolg van de verschillende wijze van ioniseeren.

Zooals na het bovenstaande te verwachten is, bleek uit de genomen dierproeven tevens, dat men zich tegen neutronen wel degelijk moet beschermen, evenals tegen röntgen- en γ-stralen. Op grond van het boven aangevoerde kan men dit niet, zooals bij röntgenstralen, met lood doen. De beste methode is wel het omgeven van de neutronenbron met water of paraffine, waaromheen men eventueel nog een laagje cadmium kan aanbrengen. In fig. 7 ziet men dan ook duidelijk de groote hoeveelheid paraffine-blokken, die de neutronenbron omgeven.

[7]) N. W. Timoféeff-Ressovsky, K. G. Zimmer en F. A. Heyn, Naturwiss. **26**, 108, 1938.

TOEPASSINGEN VAN KATHODESTRAALBUIZEN. IV

door H. VAN SUCHTELEN. 621.317.755 : 621.385.832

Opnemen van diagrammen.

Het is eigenaardig, dat de kathodestraalbuis meestal in de eerste plaats beschouwd wordt als een oscillograaf, terwijl zij toch eigenlijk in de eerste plaats een instrument is, dat gelijktijdig twee spanningen (eventueel stroomen) kan registreeren in onderling loodrechte richtingen. Het is typisch een instrument dat direct diagrammen registreert en deze diagrammen worden eerst oscillogrammen, wanneer één van de te registreeren spanningen in een eenvoudig verband tot de tijd staat, dus een tijdschaal levert.

Het is dus niet te verwonderen, dat een groot aantal toepassingen van de kathodestraalbuis neerkomt op het opnemen van diagrammen of karakteristieken, en in de meeste gevallen is voor deze toepassingen de normale kathodestraal-oscillograaf bij uitstek geschikt.

De opname van een diagram op de kathodestraalbuis heeft verschillende voordeelen boven de puntsgewijze constructie uit statische metingen. Ongetwijfeld is de opname punt voor punt, van meteraanwijzigingen meestal de meest nauwkeurige methode. Deze statische methode is echter niet altijd mogelijk.

In de eerste plaats niet, wanneer gedurende de statische meting overbelasting en daardoor beschadiging van het te meten voorwerp zou kunnen optreden. De kathodestraaloscillograaf maakt dan een veel kortere maar vele malen herhaalde meting mogelijk, waarbij toch de juiste aflezing verkregen wordt. Dergelijke snelle metingen zouden met een traag wijzerinstrument niet mogelijk zijn.

Evenzoo kunnen zeer snelle metingen noodzakelijk zijn, wanneer het gaat om de momenteele waarden bij een typisch periodiek verschijnsel. Het verband tusschen stroom en spanning aan een zelfinductie is bijvoorbeeld afhankelijk van een bepaalde snelheid en kan dus nooit statisch gemeten worden.

Een zeer voor de hand liggend voordeel is verder het feit, dat men zóó snel het volledige diagram verkrijgt. Het diagram kan meestal in een betrekkelijk willekeurig tempo door de lichtvlek beschreven worden en wordt dit regelmatig na elkaar herhaald, dan krijgt men, evenals bij oscillogrammen, de indruk van een stilstaande figuur. Dit laatste argument geldt in het bijzonder voor metingen in de serie-fabricage waar iets van de nauwkeurigheid opgeofferd kan worden ten behoeve van het tempo.

Bij de nu te behandelen voorbeelden zullen de genoemde argumenten beurtelings en in combinatie een rol spelen. Eén geval werd reeds terloops als de opname van een diagram aangeduid in het vorige artikel van deze serie, nl. de opname van de modulatie-karakteristiek van een zender. Dit is typisch een voorbeeld van een contrôlemeting in het bedrijf, die opvalt door snelheid, en door eenvoud van methode.

Meting van lampkarakteristieken

Bij de ontwikkeling en de fabricage van radiolampen zijn metingen aan min of meer groote series van hetzelfde type lamp dikwijls van groot belang. Het gaat dan in het ééne geval om zuiver kwantitatieve metingen, zooals bij het vaststellen van spreidingen in het fabricaat en in andere gevallen meer om kwalitatieve bepalingen, het opsporen van bepaalde afwijkingen, die bij enkele exemplaren

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

zouden kunnen voorkomen. In het laatste geval is de kathodestraalbuis wel het aangewezen middel.

Een belangrijke karakteristiek is die, welke het verband weergeeft tusschen anodestroom en anodespanning, waarbij de roosterspanning een parameter is. Soms wordt volstaan met één waarde van deze parameter, in andere gevallen wenscht men een bundel karakteristieken. De schakeling, waarmede men nu dergelijke karakteristieken van ontvanglampen in het Philips Laboratorium opneemt, is in principe in *fig. 1* weergegeven.

De anodeketen van de te onderzoeken lamp X wordt gevoed door een spanning, die periodiek tusschen nul en de maximale waarde varieert. Deze spanning wordt verkregen door serieschakeling van een gelijkspanning en een wisselspanning van 500 perioden en van dezelfde amplitude. Op de kathodestraalbuis moet nu een horizontale uitslag verkregen worden, evenredig aan de anodespanningsvariatie. Daartoe is op de wisselspanning een spanningsdeeler R_2 aangesloten, die de gebruikte waarde op een voor de buis geschikt bedrag reduceert. De afgetakte spanning wordt toegevoerd aan de klemmen voor horizontale afbuiging van een normale oscillograaf (klemmen H in fig. 1). De Philips kathodestraaloscillograaf G.M.3152 is ook van een dergelijke aansluiting voorzien. De anodestroom doorloopt de meetweerstand R_1 en de vrij geringe spanning, die daarover ontstaat, wordt toegevoerd aan de ingebouwde oscillograaf-versterker V. Op deze wijze verkrijgt men een verticale uitslag evenredig aan de stroom.

Op deze eenvoudige wijze zou nu reeds één diagram bij bepaalde schermrooster- en stuurroosterspanning kunnen worden opgenomen.

Hoe een geheele bundel karakteristieken gelijktijdig wordt opgenomen, is eveneens in fig. 1 aangegeven. Door middel van een snel roteerende commutator wordt het stuurrooster achtereenvolgens telkens een oogenblik op opeenvolgende aftakkingen van een spanningsdeeler R_5 aangesloten. Door een voorschakelweerstand R_4 kan het spanningsverschil tusschen opeenvolgende contacten ingesteld worden op 1, 2, 3 volt enz. Men zou geneigd zijn te onderstellen, dat de commutator nauwkeurig synchroon moet loopen met de frequentie van de anodewisselspanning. Dit is echter niet het geval. Zonder eenig bezwaar kan van één karakteristiek op een volgende worden overgesprongen, nog vóórdat de eerste volledig beschreven is. Het ontbrekende gedeelte wordt dan wel bij een volgende rondgang van de commutator beschreven. Aangezien de frequentie, waarin de commutator roteert en dus de geheele bundel herhaald wordt, van de orde van 25 per/sec is, verkrijgt men de indruk van één beeld zonder onderbrekingen.

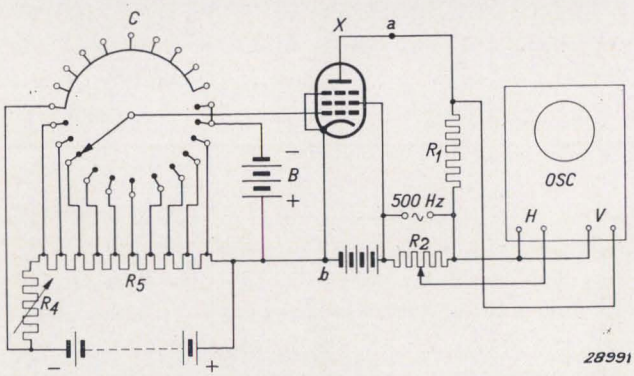


Fig. 1. Schakeling voor het opnemen van diagrammen. Het oscillogram geeft weer de anodestroom van de lamp X als functie van de anodespanning. Met behulp van de roteerende commutator C worden bij iedere omwenteling ($^1/_{25}$ sec) een aantal verschillende stuurroosterspanningen ingesteld, zoodat op het scherm een reeks van krommen verschijnt. Een van de vóórspanningen (—6 V) wordt niet van de weerstand R_4 afgenomen, maar door de batterij B geleverd. Deze is met twee van de contacten verbonden. Dientengevolge ziet men de lijn van —6 V sterker dan de overige krommen in fig. 2.

De commutator is samengesteld uit 22 contactlamellen. 10 daarvan zijn verbonden met de opeenvolgende aftakkingen van R_5. Men neemt dus bundels van 10 karakteristieken op. De eerste karakteristiek heeft $V_g = 0$; alle volgende krommen zijn met negatieve roostervoorspanning opgenomen. Twee lamellen zijn verbonden met een ijkspanning van bijv. —6 V. Daardoor worden, onafhankelijk van de instelling van R_4, steeds twee karakteristieken voor $V_g = -6$ V over elkaar geschreven. Deze lijn valt op door grootere helderheid. Men kan nu R_4 zóó instellen, dat de tweede of de derde of de vierde, enz. karakteristiek uit de bundel samenvalt met die voor $V_g = -6$ V. Dan weet men, dat V_g verandert met sprongen van resp. 6 V, 3 V, 2 V.

Tenslotte zijn de resteerende 10 lamellen van de commutator verbonden met een vrij hooge negatieve spanning, waardoor de anodestroom geheel onderdrukt wordt gedurende de helft van elke omwenteling. Dit is noodig, omdat gedurende de meting de anodespanning eenige tijd zeer gering is (tot nul toe) en bij deze lage anodespanning bij penthoden een abnormaal hooge schermroosterstroom optreedt. Om het schermrooster voor overmatige verhitting te behoeden, wordt nu telkens geruime tijd de kathodestroom onderdrukt. Hier ziet men dus het eerste hiervóór genoemde voordeel van de toepassing der kathodestraalbuis naar voren komen.

Fig. 2 geeft een bundel karakteristieken weer, die opgenomen is aan een proefmodel van een penthode-eindlamp. Direct valt op de sterke tweede lijn van boven behoorende bij $V_g = -6$ V. Blijkbaar is de roosterspanning dus in trappen van 6 V gevariëerd. Verder ziet men in de bochten van de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

derde, vierde en vijfde karakteristiek een knik, welke wijst op secundaire emissie van de anode. Deze knik is een zwak overblijfsel van de veel sterkere inzinking, welke bij tetroden optreedt (zie Philips techn. T. **3**, 215, Juli 1938).

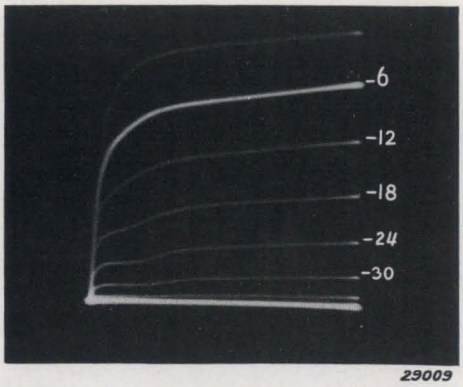


Fig. 2. Diagram voor de anodestroom als functie van anodespanning, opgenomen met behulp van de in fig. 1 weergegeven schakeling. De abscis loopt van 0 tot 500 V, de ordinaat van 0 tot 200 mA.

Wanneer de weerstand R_1 in fig. 1 geschakeld wordt in de schermroosterleiding van de te onderzoeken lamp, verkrijgt men de karakteristieken van de schermroosterstroom als functie van anodespanning (*fig. 3*). Ook hierin herkent men weer de markeeringslijn voor —6 V. Verder vindt men ook hier knikken in de kromme, welke afkomstig zijn van de secundaire emissie der anode; met iedere verlaging van de anodestroom door secundaire emissie correspondeert een overeenkomstige verhooging van de schermroosterstroom.

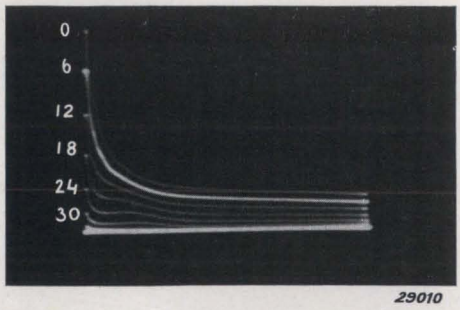


Fig. 3. Diagram van de schermroosterstroom als functie van anodespanning, opgenomen aan dezelfde lamp als fig. 2 en op dezelfde schaal.

Tenslotte ziet men hier inderdaad de betrekkelijk groote stroomen optreden bij de lage anodespanning, waardoor dus het schermrooster bij een statische meting overbelast zou worden.

Het meten van een hysteresislus

Een ander voorbeeld van een meting, waarbij dynamische uitvoering een zekere vereenvoudiging oplevert ten opzichte van de statische meting, is het vaststellen van de inductie B in een magnetisch materiaal, dwz. het meten van een hysteresislus. Meestal wordt hiervoor de ballistische galvanometer gebruikt, waarmede men dan de in een secundaire wikkeling optredende inductiestoot meet, wanneer het magnetiseerende veld door onderbreken van de stroom in de primaire wikkeling wordt afgeschakeld (zie o.a. J. J. Went, Philips techn. T. **2**, 84, 1937). Er ontstaat een secundaire spanning met oogenblikswaarden, evenredig aan dB/dt. Wanneer men nu de magnetisatie niet plotseling verandert maar periodiek, dan kan men de geïnduceerde spanningen zeer eenvoudig langs electrische weg in plaats van mechanisch integreeren, zooals bij de ballistische galvanometer, zoodat spanningen ontstaan, evenredig aan B.

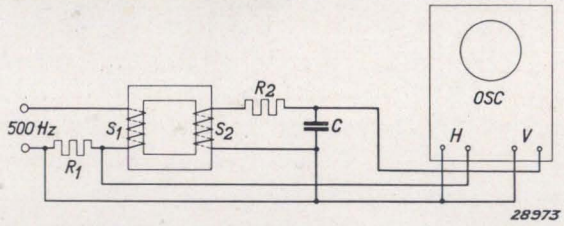


Fig. 4. Schakeling voor het opnemen van hysteresislussen. De spanning aan de spoel S_2 is evenredig aan dB/dt. Is de impedantie van C klein ten opzichte van R_2, dan is de spanning aan C evenredig met de momenteele waarde van B.

Het principe van de schakeling, waarmede dit bereikt wordt, is in *fig. 4* aangegeven. Op de gebruikelijke wijze wordt uit het proefmateriaal een gesloten ring gemaakt, waaromheen twee wikkelingen liggen. De primaire wikkeling S_1 wordt met wisselspanning gevoed via een weerstand R_1. Aan deze weerstand ontstaat dus een spanning, die evenredig is met het magnetiseerende aantal amperewindingen en deze spanning kan direct gebracht worden naar de klemmen H voor horizontale afbuiging.

Zooals boven gezegd, ontstaat aan de secundaire wikkeling S_2 een spanning:

$$v_2 = \text{const}\,\frac{dB}{dt}.$$

Op deze wikkeling is aangesloten de combinatie van weerstand R_2 en capaciteit C. Wanneer men zorg draagt, dat de spanning aan C zeer gering is ten opzichte van v_2, kan men aannemen, dat door R_2 en C een stroom vloeit met een momentane waarde:

$$i_2 = \frac{v_2}{R_2} = \frac{\text{const}}{R_2}\,\frac{dB}{dt}.$$

Daardoor wordt de spanning aan C:

$$v_C = \frac{1}{C}\int i_2\,dt = \frac{\text{const}}{R_2\,C}\,B.$$

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

De spanning aan C is dus inderdaad een maat voor B. Nu moet deze spanning klein zijn ten opzichte van die aan S_2, terwijl deze laatste om practische redenen niet veel grooter dan bijv. 100 V zal zijn. Daaruit volgt, dat tusschen C en de in verticale richting afbuigende platen de oscillograafversterker geschakeld zal moeten worden.

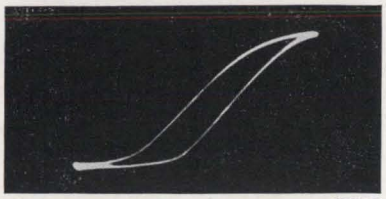


Fig. 5. Hysteresislus, opgenomen met behulp van een schakeling volgens fig. 4.

Aan de oscillograafversterker worden in dit en het voorgaande geval wel vrij zware eischen gesteld, wat betreft de phasegetrouwheid. In het algemeen wordt bij een oscillograaf in de eerste plaats een constante versterking over een zeer groot frequentiegebied verlangd. Over het grootste gedeelte van dit gebied is eveneens de phasegetrouwheid practisch volkomen. Aan de grenzen treden echter onvermijdelijk kleine phaseverschuivingen op. Daar zeer geringe verschuivingen reeds zeer storend werken bij het weergeven van diagrammen (dubbele lijnen) is in de twee beschreven gevallen bij een frequentie van 500 per/sec gemeten in plaats van bij de technische 50 per/sec, omdat bij versterking van deze lage frequenties reeds phaseverschuivingen zouden optreden.

Een hysteresislus, opgenomen volgens fig. 4, is weergegeven in *fig. 5*.

Frequentiemeting met de kathodestraalbuis

Een meting, die slechts in zekere zin aansluit bij de vorige twee, is het vergelijken van onbekende frequenties met een standaardfrequentie, dus bijv. een methode voor het ijken van de meetgeneratoren, die bij acoustische metingen gebruikt worden.

Het vergelijken van de frequentie van een te ijken generator met een standaardfrequentie geschiedt dikwijls op het gehoor, waarbij dan de te bepalen frequentie een geheel aantal octaven met de standaard mag verschillen. Deze methode kan vrij nauwkeurig zijn, doordat men geringe afwijkingen door het optreden van zwevingen waarneemt. Wanneer echter één van beide trillingen boventonen bevat, wordt het moeilijk, het aantal octaven verschil vast te stellen. Eveneens is het vergelijken op het gehoor niet zeer nauwkeurig mogelijk, wanneer de te ijken frequentie niet een geheel aantal octaven van de standaardfrequentie verschilt.

Fig. 6. Indien aan de horizontaal en verticaal afbuigende platen van een kathodestraalbuis sinusvormige wisselspanningen van dezelfde frequentie maar verschillende phase worden toegevoerd, ontstaat een ellips.

Door twee wisselspanningen van verschillende frequenties aan de resp. platenparen van een kathodestraalbuis toe te voeren is een zeer nauwkeurige vergelijking der frequenties mogelijk. Dit geldt ook bij vrij willekeurige verhoudingen der frequenties, zoolang deze als verhouding van twee niet al te groote geheele getallen zijn uit te drukken.

Voert men spanningen toe, waarvan de frequenties zich verhouden als geheele getallen, dan ontstaat een stilstaande figuur. Zijn de frequenties gelijk, dan krijgt men, zooals bekend is, een rechte lijn of ellips, naar gelang de phaseverhouding der spanningen is (*fig. 6*). Bij andere verhoudingen der frequenties ontstaan de zg. figuren van Lissajous. Hiervan geeft *fig. 7* een voorbeeld.

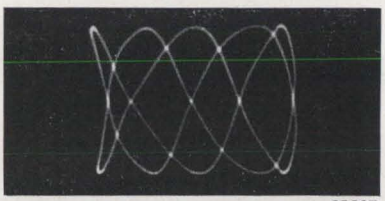


Fig. 7. Figuur van Lissajous, welke ontstaat, wanneer de frequenties van de verticaal en horizontaal afbuigende spanningen in een verhouding 5/2 staan.

Uit deze laatste figuur valt als volgt de verhouding der frequenties af te leiden. In de tijd, gedurende welke de figuur volledig beschreven wordt, zijn in verticale zin vijf boventoppen bereikt, dus vijf perioden voorgekomen. In horizontale zin is tweemaal de linker (of rechter) zijde van de figuur bereikt, dus zijn twee perioden voorgekomen. De frequentie van de verticale trilling was dus de grootste en bedroeg blijkbaar $^5/_2$ van die van de horizontale trilling. Zoodra de verhouding der frequenties een gering bedrag afwijkt van $^5/_2$, vallen de opeenvolgende figuren niet meer juist op elkaar, en ziet men de figuur als het ware bewegen. Daardoor is het mogelijk de frequenties zeer nauwkeurig te vergelijken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

1313*: J. Bergmans: Lichtreflectie door wegdekken (Diss. Delft 1938; 111 p.).

Ter karakteriseering van de aard der lichtreflectie op wegdekken is de zg. helderheidscoëfficiënt (vgl. het op p. 321 in deze aflevering van Philips techn. T. beginnende artikel) een belangrijke grootheid. Een meetinrichting voor helderheidscoëfficienten van wegdekken wordt behandeld en de daarmee verkregen meetresultaten worden besproken, waaruit de conclusie wordt getrokken, dat de wegdekken het regenwater zóó snel moeten kunnen afvoeren, dat zij zelfs tijdens een regenbui niet of nauwelijks bedekt raken door een waterlaagje. Teneinde een gelijkmatiger helderheid van het wegdek te verkrijgen wordt tenslotte voorgesteld de lichtbronnen hooger te plaatsen, waardoor de gemiddelde helderheid slechts weinig daalt.

1314: J. H. de Boer: De electronen in de niet-metalen in verband met de thermo-electrische eigenschappen (Ingenieur **53**, E26-31, Juni 1938).

De geleiding van warmte en electriciteit door niet-geleiders wordt besproken aan de hand van het potentiaalverloop in de betreffende kristalroosters, waarin zich electronen met verschillende energie-inhouden kunnen bevinden, terwijl andere energie-inhouden „verboden" zijn.

1315: J. E. de Graaf: X-ray interpretations in the electric welding of steel (Weld. Industr. **6**, 41 - 45 en 93 - 96, Mrt. en Apr. 1938).

Een overzicht wordt gegeven van laschfouten, die opgespoord kunnen worden door het röntgenonderzoek. Het blijkt, dat de afbeeldingen vaak voldoend karakteristieke kenteekenen vertoonen om ook de oorzaak van de fout op te sporen. (vgl. Philips techn. T. **3**, 93, 1938).

1316: R. Vermeulen: The Philips Miller method of recording sound (J. Soc. Motion Pict. **30**, 680 - 693, Juni 1938).

In dit artikel wordt een overzicht gegeven van het Philips-Miller-systeem voor geluidsregistratie, waarvoor wij kunnen verwijzen naar de hierop betrekking hebbende artikelenreeks in onze eerste jaargang (Philips techn. T. **1**, 107, 135, 211 en 230, 1936).

*) Van publicaties, gemerkt met een *, is geen voor verspreiding voldoend aantal overdrukken beschikbaar. Van de andere publicaties verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvraag gaarne overdrukken.

1317: M. J. O. Strutt: Electron transit time effects in multigrid valves. Measurements on short waves (Wirel. Eng. **15**, 315 - 321, Juni 1938).

De electronenkoppeling in octoden voor frequentietransformatie kan worden voorgesteld door een éénzijdige negatieve capaciteit tusschen het oscillatorrooster (1ste rooster) en het ingangsrooster (4de rooster), indien tenminste hierbij de door de looptijd der electronen veroorzaakte phaseverschuiving mag worden verwaarloosd. Als deze phaseverschuiving wèl een rol gaat spelen, dan moet een éénzijdige negatieve weerstand parallel met deze negatieve capacitantie in rekening worden gebracht. Deze looptijd kan worden berekend uit metingen van deze negatieve weerstand en capacitantie. Bij een golflengte van 31 m werden deze metingen verricht; hun resultaten blijken behoorlijk in overeenstemming te zijn met de ruwweg berekende looptijd. Verder is de steilheid gemeten tusschen het oscillatorrooster en de oscillatoranode van een octode, waarbij blijkt, dat er een aan de looptijd te wijten phaseverschuiving van ongeveer 60° daarin optreedt bij een golflengte van 9 m. De berekende looptijden kloppen behoorlijk met de gemeten waarden. Verder wordt de looptijdstroom besproken, die als een kleine gelijkstroom loopt naar het eerste rooster van een tetrode, dat voorzien is van eenige volts negatieve vóórspanning, terwijl de anode over een negatieve vóórspanning verbonden is met een hoogfrequentie-generator en het schermrooster positief is. Tenslotte wordt aangeduid, hoe deze looptijdstroom gebruikt kan worden voor een nieuw soort detectie.

1318: Balth. van der Pol und H. Bremmer: Ergebnisse einer Theorie über die Fortpflanzung elektromagnetischer Wellen über eine Kugel endlicher Leitfähigkeit (Hochfrequenztechn. u. Elektroakust. **51**, 181-188, Juni 1938).

Dit is een samenvattend overzicht van de theorie der buiging van electromagnetische golven om een bol, die uitvoerig werd behandeld in Phil. Mag. **24**, 141 en 825, 1937 (vgl. **1264**) en in Phil. Mag. **25**, 817, 1938 (vgl. **1338**). Formules worden gegeven, waaruit langs eenvoudige weg het veld van een zender kan worden bepaald. Hieraan is toegevoegd een volledig stel praktische krommen voor het veld aan de oppervlakte der aarde, wanneer de zender

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

op de grond geplaatst is, zoowel voor voortplanting over zee als over land van gemiddeld geleidingsvermogen. Deze krommen hebben betrekking op het geheele golflengtegebied van 1 m tot 20 km.

1319: W. de Groot und F. M. Penning: Die Ergiebigkeit der Neutronenproduktion durch D-Kanalstrahlen (Physica **5**, 512 - 520, Juni 1938).

Uit de opbrengst aan neutronen geleverd door deuterium-ionen bij botsing op plaatjes van deuteriumfosfaat, lithium, beryllium en koolstof, zooals die werd gemeten door Amaldi, Hafstad en Tuve, werden de effectieve doorsneden van deze atoomkernen bepaald in afhankelijkheid van de snelheid van het projectiel, waarbij gebruik werd gemaakt van de door Mano gevonden waarden voor de dracht in lucht van geladen deeltjes en voor de atomaire remkracht dezer elementen. Met behulp van hieruit volgende benaderingsformules kan men de opbrengsten, zooals die door Amaldi, Hafstad en Tuve werden gevonden, nu ook extrapoleeren voor lagere energieën. De resultaten van Ladenburg c.s., Scherrer, Kallmann en anderen kunnen met deze formules in overeenstemming worden gebracht door een passende keuze der parameters. Het blijkt noodig in sommige gevallen de omrekeningsfactor voor de overgang van een verbinding op zuiver deuterium opnieuw te bepalen, daarbij gebruik makende van de evenredigheid van de atomaire remkracht met de wortel uit het kernladingsgetal.

1320: J. H. de Boer: Interpretatie van moleculaire verschijnselen door middel van potentiaalkrommen. IV. Fluorescentie en phosphorescentie; activeeringsenergie (Ned. T. Natuurk. **5**, 57 - 64, Mrt. 1938).

De beteekenis van het principe van Franck en Condon voor de ligging van absorptie- en emissiebanden van fluoresceerende stoffen wordt besproken. De chemische activeeringsenergie kan uit potentiaalkrommen worden afgeleid. Geactiveerde adsorptie en explosieve stoffen worden tenslotte in het kort behandeld.

1321: J. H. de Boer: Interpretatie van moleculaire verschijnselen door middel van potentiaalkrommen. V. Colloiden (Ned. T. Natuurk. **5**, 65 - 69, Apr. 1938).

Volgens de beschouwingen van Hamaker (vgl. **1286**) worden de colloidale verschijnselen besproken aan de hand van potentiaalkrommen.

1322: C. J. Bakker, W. de Groot en F. M. Penning: Neutronen-produceerende kernreacties en hun rendementen (Ned. T. Natuurk. **5**, 102 - 115, Mei 1938).

Een kritisch overzicht wordt gegeven, van hetgeen er bekend is omtrent de opbrengst aan neutronen voor verschillende kernreacties. De uitkomsten van anderen worden vergeleken met die van enkele eigen metingen, waarbij een behoorlijke overeenstemming werd gevonden. Als bijzonderheid verdient speciaal vermelding, dat Penning neutronen heeft kunnen maken in een afgesloten buis gevuld met deuterium van lage druk, waarin een electrische ontlading plaats vindt in een magnetisch veld, zoodat de electronen zich in spiraalbanen tusschen de electroden moeten bewegen en er deuteriummolecuul-ionen worden gevormd, die, na versneld te zijn, botsen op een plaatje bedekt met een verbinding van zirconium en deuterium, waarbij neutronen vrijkomen.

1323: J. de Boer: Sensitivity at different frequencies of a spherical model of a pressure gradient microphone (Physica **5**, 545 - 552, Juli 1938).

In afhankelijkheid van de frequentie van de geluidsgolf en van de straal van de bol wordt de gevoeligheid berekend voor een bolvormig model van een drukgradiënt-microfoon. Voor golflengten grooter dan 2π maal de straal van de bol blijkt de gevoeligheid onafhankelijk te zijn van de frequentie. De berekende resultaten zijn in overeenstemming met die der metingen.

In September 1938 is verschenen:

Philips Transm. News **5**, no. 3:

C. G. A. von Lindern und G. de Vries: Eine drahtlose Verbindung auf Dezimeterwellen zwischen Eindhoven und Nimwegen.

Eine neue Philips Besprechungsanlage.

Tj. Douma und P. Zijlstra: Die Aufnahme normal nicht meßbarer Senderöhrenkennlinien mit einer Kathodenstrahlröhre.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!